

### SOBRE LOS ARTÍCULOS DE REVISIÓN

#### PARTE I

Dr. Marcos Garces G.

*Editor-Director*

Entre los medios para aumentar la visibilidad de las revistas de Ortopedia y Traumatología en América Latina está: la de tener una base de revisores latinoamericanos; tener una política editorial para los artículos de revisión y promover la elaboración y edición de artículos de revisión.

Esta es una primera parte de lo que trataremos con respecto a los trabajos de revisión en los siguientes editoriales, en un intento de estímulo para que nuestros miembros se avoquen a la escritura de los mismos.

Un **artículo de revisión** es el resumen del estado actual de una investigación, sobre un aspecto en particular; realmente es una búsqueda de todos los escritos relativos al tema en cuestión, que luego es ordenado en una visión coherente y actualizada del *Estado del Arte*.

Los artículos de revisión nos enseñan sobre los principales autores e instituciones que trabajan sobre el tema a revisar; los últimos avances y descubrimientos; los vacíos importantes sobre la investigación; las ideas sobre la investigación moderna en determinado aspecto científico y los desafíos tecnológicos en la investigación científica.

A diferencia de los artículos de investigación, los artículos de revisión son excelentes para obtener una idea básica sobre una parte de la realidad científica ya que se basan fundamentalmente en la unidad de análisis y no en los principios científicos que se aplican en los trabajos de investigación.(1)

Clásicamente, un artículo de revisión consistía en revisiones narrativas o cualitativas; luego de seleccionar un determinado número de artículos referentes a determinado tópico, se agrupaban, se discutían y se llegaba a una conclusión de una forma general.

En la actualidad existen varias clasificaciones; sin embargo, las más relevantes son cuatro tipos de ellas.

La **revisión exhaustiva** (sobre todo lo publicado). Son trabajos extensos, muy especializados, pero no ofrecen una información precisa para responder a una interrogante específica.

La **revisión descriptiva** (nos pone al día sobre conceptos útiles). Son de gran utilidad en la enseñanza e interesa a muchas personas de campos afines.

La **revisión evaluativa** (responde a preguntas específicas concretas). Este tipo de revisión corresponde a los artículos clínicos basados en la evidencia científica.

El cuarto tipo de artículos de revisión son los **casos clínicos** combinados con revisiones bibliográficas.

Según Icart y Canela (2), los artículos de revisión deben contar con cuatro etapas:

1. Definición de los objetivos de la revisión.
2. Búsqueda de la bibliografía.
  - a. Consulta de bases de datos y fuentes documentadas.
  - b. Establecer la estrategia de búsqueda.
  - c. Especificación de criterios de elección de los documentos.
3. Organización de la información.
4. Redacción del artículo.

### **Bibliografía**

1. Day, R.A. Como escribir y publicar trabajos científicos. Publicación científica 526. Organización Panamericana de la Salud. Washington. Tercera reimpresión, 1994:120.
2. Icart Isem, M.T., & Canela Soler, J. (1994). El artículo de revisión.- Enferm Clin, 4(4), 180-184

## ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE PEDÍCULOS TORÁCICOS EN ESCOLIOSIS IDIOPÁTICA DEL ADOLESCENTE

### Morphometric analysis of thoracic pedicles in adolescent idiopathic scoliosis

Dr. Simón Chang\*, Dr. Juan Hernández\*, Dr. Víctor Dávila\*\*.

#### RESUMEN

Existen pocos estudios relacionados con la morfometría del pedículo en la población latinoamericana con escoliosis idiopática del adolescente (EIA). El objetivo del trabajo es destacar las características morfométricas del pedículo en pacientes venezolanos con EIA; por lo que se realizó un estudio prospectivo. Los pacientes fueron sometidos a rastreo tomográfico computarizado (TC). El pedículo de la concavidad es ligeramente de mayor diámetro y con mayor angulación medial que el lado convexo, especialmente en la región apical de la curva escoliótica; la profundidad de inclusión al cuerpo vertebral era menor del lado convexo en comparación con el cóncavo. La anatomía del pedículo en pacientes con escoliosis muestra altas variaciones individuales y un estudio cuidadoso de la TC preoperatoria es esencial para la planificación de instrumentación transpedicular. Tornillos ligeramente más largos pueden ser introducidos en el lado de la concavidad en comparación con el lado convexo.

**Palabras Clave:** morfología pedicular, columna torácica inmadura, escoliosis idiopática.

**Nivel de evidencia:** II

#### ABSTRACT:

There are few studies related to pedicle's morphometry in Latin American population and adolescent idiopathic scoliosis (AIS). Objective was to highlight Venezuelan's AIS morphometric characteristics in this prospective study. Computer Tomographic (CT) Scan was performed to patients. The pedicle of the concavity has a slightly larger diameter and greater angle than the convexity, particularly in the apical region of the scoliosis curve; vertebral body inclusion depth was lower on the convex side as compared with the concave side. Pedicle's anatomy in patients with scoliosis shows high individual variations and a careful study of preoperative CT planning is essential for transpedicular instrumentation. Slightly longer screws can be introduced into the side of the concavity compared with the convex side, despite the difference in the depth of inclusion in the vertebral body is not statistically significant in most of the levels.

**Key words:** pedicle morphology, immature thoracic spine, idiopathic scoliosis.

(\* ) Traumatólogo - Ortopedista / Especialista en Cirugía de Columna Vertebral. HUMNT, Maturín, Edo. Monagas, Venezuela.

(\*\* ) Traumatólogo - Ortopedista / Especialista en Cirugía de Columna Vertebral / Coordinador Docente - Postgrado de Cirugía de Columna Vertebral / Jefe de Servicio - Departamento de Traumatología y Ortopedia. HUMNT, Maturín, Edo. Monagas, Venezuela.

Institución Afiliada:

Unidad de Cirugía de Columna Vertebral del Departamento de Traumatología y Ortopedia del Hospital Universitario "Dr. Manuel Núñez Tovar", Maturín, Edo. Monagas, Venezuela.

Dirección de Correspondencia:

Calle 27 Sur, Res. San José, Edif. C-D, Apto 2-C, Sector Pueblo Nuevo Sur, El Tigre, Edo. Anzoátegui, Zona Postal 6050, Venezuela.

E-mail: drxchang@yahoo.com - Cel: 0414-8522533

## INTRODUCCIÓN

La escoliosis en la actualidad es ampliamente reconocida como una deformidad tridimensional de la columna vertebral, particularmente pronunciada en las vértebras apicales. El tratamiento quirúrgico de la escoliosis idiopática del adolescente (EIA), ha evolucionado desde la instrumentación de Harrington hasta el uso de tornillos transpediculares torácicos, los cuales se han convertido actualmente en el estándar de oro para la corrección tridimensional de la deformidad.<sup>1</sup>

La clave para el uso seguro y eficaz de los tornillos transpediculares en segmentos torácicos de la columna vertebral deformada es entender la anatomía pedicular. Se han hecho estudios sobre morfometría pedicular en la columna vertebral torácica y lumbar no deformada, con el fin de encontrar un patrón constante que se pueda aplicar en el desempeño de la colocación del tornillo transpedicular.<sup>2</sup>

Los estudios han demostrado que la anchura transversal del pedículo, es el menor diámetro del pedículo en cualquier nivel dado y es el factor limitante en el uso del tornillo de diámetro más grande. De igual manera, estos estudios llevan a concluir que hay una variabilidad interracial en la anatomía del pedículo. Existen cambios anatómicos, como desviación del cuerpo hacia el lado cóncavo, pedículos más cortos y más delgados en el lado cóncavo, como pedículos más largos y más gruesos en los lados convexos de la curva y más pronunciados en la región apical de la misma.<sup>3</sup>

La morfología pedicular se ha convertido en un tema importante con el advenimiento de los sistemas de instrumentación espinal que incluyen el pedículo para incrementar la fijación en las vértebras. Las recientes innovaciones en estos sistemas permiten la incorporación de tornillos transpediculares y ganchos en los sistemas adecuados para su uso, en la corrección de las deformidades de la columna vertebral, traumas, estabilización después de hemivertebrectomías, espondilolistesis istmica y en casos como el mielomeningocele, donde los elementos

posteriores no existen.<sup>4</sup>

Una revisión de la literatura proporciona información limitada acerca de los cambios locales que se producen en la EIA, realizándose la mayoría de estos estudios, en escasos ejemplares anatómicos con grandes curvaturas. La mayor parte del conocimiento que tenemos actualmente sobre los cambios locales se basa en estudios observacionales.

Varias representaciones de vértebras escolióticas existen en la literatura; sin embargo, a menudo estas son representaciones artísticas de casos aislados y por lo tanto, no pueden representar con precisión los cambios locales que ocurren en el nivel vertebral. En esta literatura existe una gran controversia sobre observaciones aisladas realizadas por diferentes autores o, en algunos casos, por el mismo autor.

En un intento de cuantificar cambios que se producen a nivel de los pedículos, *Liljenqvist et al* señalaron, que el tamaño del pedículo es significativamente más pequeño en pedículos torácicos situados en la concavidad de curvas torácica en escoliosis, pero el estudio se limita solamente a este aspecto en vértebras escolióticas. Otra limitación de dicho estudio es la ausencia de un grupo de control, en las cuales se comparen los pedículos situados en la convexidad como en la concavidad de las curvas escolióticas.<sup>5</sup>

En otro estudio realizado por *O'Brien et al*, los autores informaron el análisis imagenológico de la anatomía pedicular torácica en un grupo de 29 pacientes con EIA, los cuales disponían tanto de exámenes radiológicos y tomografía computarizada (TC). Su análisis no mostró una disminución significativa en el diámetro pedicular de los pacientes con EIA; concluyéndose a través de sugerencias que “la propia deformidad (rotación), en lugar de la anatomía vertebral local, aumenta el grado de dificultad y el peligro potencial de esta técnica en comparación con columnas no escolióticas”.<sup>6,7</sup>

Para la implantación del tornillo transpedicular es indispensable, un conocimiento profundo de la morfometría

de las vértebras. El mal posicionamiento de los tornillos no sólo puede afectar la rigidez y la resistencia al desprendimiento, sino también puede dar lugar a complicaciones graves, entre ellas: daño de estructuras neurológicas, vasculares y/o viscerales. Investigaciones en varios estudios radiográficos y cadavéricos han analizado los datos morfométricos, tanto de vértebras torácicas como lumbares en columnas normales. En cuanto a deformidades espinales, los resultados de estudios cadavéricos de vértebras apicales han demostrado una deformidad intravertebral y un crecimiento asimétrico de las vértebras escolióticas. Sin embargo, series mayores de datos morfométricos en escoliosis, las cuales proveerían información quirúrgica relevante, son escasas en la actualidad.

Existen pocos estudios sobre la anatomía del pedículo en la población latinoamericana y ninguno en pacientes venezolanos con EIA. El propósito del presente estudio, fue analizar las características morfométricas de las vértebras torácicas en EIA, mediante tomografía computarizada y la comparación de nuestros datos con los de otros estudios similares.

## MATERIAL Y MÉTODO

Un estudio de cohorte prospectivo se llevó a cabo en nuestra institución, entre los pacientes que asisten a la clínica de escoliosis, en el periodo 2012-2013. Las personas objeto de nuestro estudio fueron siete pacientes de sexo femenino con escoliosis idiopática del adolescente, con curvas de menos de 150°. La edad promedio de 14,4 años (12 a 17 años). Todos los pacientes tenían curva torácica derecha mayor (King II).

Dichos pacientes fueron sometidos a rastreo tomográfico computarizado (Marca: Toshiba Aquilion Multicorte 64) de columna toracolumbosacra, cortes axiales de 2mm, tomadas a través de la región de los pedículos para el análisis morfométrico. Para ello, se obtuvo consentimiento escrito, de todos los pacientes incluidos en el estudio. Se deja constancia que el protocolo de estudio fue aprobado por el comité ético de la institución.

Las exploraciones se analizaron mediante la medición del ancho-altura pedicular, ángulo transversal-sagital, longitud del pedículo, como longitud de inclusión en el cuerpo vertebral, tanto en el pedículo cóncavo como en el convexo de la columna torácica (T1 a T12). Para este propósito, curvas muy graves con más de 150° (Cobbs) no se incluyeron en el estudio. Se incluyó específicamente los parámetros anatómicos más importantes del pedículo, todos útiles durante la inserción de los tornillos pediculares torácicos en cirugía de columna.<sup>8,9</sup>

Los parámetros de referencia son: 1. Ancho transversal pedicular: proporciona al cirujano el diámetro del tornillo transpedicular más grande que se puede utilizar de forma segura a un nivel dado. Se define como la anchura más estrecha del pedículo en el plano transversal. Para mayor facilidad y reproducibilidad, ambas corticales externas de los pedículos se miden en las tomografías computarizadas (Grafico 1). 2. Ángulo transversal pedicular: indica al cirujano la cantidad de angulación transversal requerida para realizar el agujero piloto en la colocación de tornillos pediculares. Se define como el ángulo entre el eje longitudinal del pedículo y una línea paralela al eje vertebral en el plano transversal. El eje vertebral es la línea bisectriz del ángulo entre las líneas formadas por la unión posterior de ambas láminas. El ángulo de pedículo transversal está formado por el ángulo entre el eje del pedículo y una línea paralela al eje vertebral (Grafico 2). 3. Longitud pedicular: se midió la distancia desde la parte posterior del punto de entrada cortical del pedículo hasta el ligamento longitudinal común posterior a lo largo del eje del pedículo (Grafico 3). 4. Profundidad de inclusión en cuerpo vertebral: esto sugiere la longitud apropiada del tornillo que se puede utilizar en cualquier nivel dado. Se define como la distancia a lo largo del eje transversal pedículo, desde el punto más posterior en el proceso transversal a la cortical anterior de la vértebra (Grafico 4). 5. Altura sagital pedicular: se define como la longitud más estrecha (Istmo) del pedículo en el plano sagital (Grafico 5). 6. Ángulo sagital pedicular: indica al cirujano la cantidad de angulación sagital requerida, al hacer el agujero piloto en la colocación de tornillos pediculares. Se define como el ángulo

entre el eje longitudinal del pedículo y una línea paralela al platillo vertebral en el plano sagital (Grafico 6).

Todos los parámetros en el lado cóncavo se compararon con el valor correspondiente en el lado convexo.<sup>10</sup>

El esquema de análisis de los datos del presente trabajo, fue procesado como una base de variables cuantitativas mediante el programa IBM S.P.S.S. Statistics 19.

### **Criterios de Inclusión:**

- Pacientes con diagnóstico de Escoliosis Idiopática del Adolescente.
- Edad comprendida entre 10 y 18 años.
- Todo paciente con indicación de colocación de sistemas de fijación con tornillos transpediculares, como tratamiento quirúrgico.
- Consentimiento informado escrito y autorizado.

### **Criterios de Exclusión:**

- Deformidad escoliótica de otra etiología.
- Patologías vertebrales traumáticas y/o tumorales.
- Pacientes con embarazo en curso.
- Niveles vertebrales previamente fusionados.
- Renuencia a firmar el consentimiento informado.

## **RESULTADOS**

La variable del género no se tomó en consideración para estimar el efecto asociativo en las dimensiones vertebrales torácicas medidas debido a las limitaciones del estudio.

El factor de edad aparenta presentar un efecto asociativo en los aspectos de la altura sagital y la profundidad de inclusión pedicular al cuerpo vertebral. El nivel vertebral parece ser el predictor más sólido del tamaño en las dimensiones torácicas y la explicación de la varianza en la mayoría de las dimensiones establecidas.

Las mediciones de la anchura transversal pedicular fue-

ron ligeramente de menor diámetro en todos los pedículos ubicados en la convexidad, comparados con los del lado cóncavo. Sin embargo, las diferencias entre los lados cóncavos o convexos no fueron estadísticamente significativas en la mayoría de los niveles ( $P > 0,05$ ). De igual manera se pudo evidenciar la disminución de los diámetros, en los niveles de la columna torácica media (T4 a T9) tanto en los lados cóncavos como convexos (Grafico 1); aunque se observaron amplias variaciones individuales, las diferencias entre ambos lados no fueron estadísticamente significativas, en la mayoría de los niveles ( $P > 0,05$ ). Existe un patrón constante, observado similarmente en la columna no deformada, donde se establece que el ángulo transversal del pedículo pasa a disminuir gradualmente desde T1 a T12 y luego otra vez aumenta de L1 a L5 (Grafico 2).

Las mediciones de la longitud pedicular variaron mínimamente con un rango de 19 a 22 mm y fueron relativamente constantes a través de la columna torácica. Se evidenció un ligero incremento en las longitudes pediculares en el lado de la concavidad (Grafico 3).

### **Profundidad de inclusión en el cuerpo vertebral**

La profundidad de inclusión en el cuerpo vertebral, a la corteza anterior, es menor en la columna torácica superior y aumenta a medida que nos desplazamos hacia un nivel más inferior en la columna torácica. También se observó una ligera disminución en la longitud de profundidad en el lado convexo, en comparación con el lado cóncavo correspondiente (Grafico 4).

Las mediciones de la altura sagital pedicular, fueron constantemente de menor diámetro en todos los pedículos ubicados en la concavidad, comparados con los del lado convexo. Sin embargo, las diferencias entre los lados cóncavos o convexos no fueron estadísticamente significativas en la mayoría de los niveles ( $P > 0,05$ ). Se determinó el incremento de la altura pedicular a medida que nos desplazamos hacia un nivel más inferior en la columna torácica, tanto en los lados cóncavos como convexos (Grafico 5).

Se observó a lo largo de la mayor parte de la columna

torácica una angulación sagital pedicular con una inclinación caudal de posterior hacia anterior, con la disminución de los ángulos sagitales en los niveles de la columna torácica media (T4 a T9), tanto en los lados cóncavos como convexos (Grafico 6).

## DISCUSIÓN

Estudios clínicos han demostrado la aceptable seguridad del uso de tornillos transpediculares, en pacientes con escoliosis. El parámetro anatómico más importante que limita el uso de tornillos transpediculares en la columna torácica, es el ancho transversal pedicular. En la columna vertebral no deformada, el ancho pedicular es menor entre los niveles T3 a T6 de la columna vertebral. Los pedículos en la columna vertebral escoliótica han demostrado ser más delgados en el lado cóncavo en comparación con el lado convexo.<sup>6,11,12</sup>

El presente estudio contrasta con estos hallazgos y se encontró que el pedículo cóncavo resultó ser ligeramente de mayor diámetro que el pedículo convexo. Los pedículos de menor diámetro se observaron con mayor frecuencia en el ápice de la deformidad. En su estudio TC multiplanar en pacientes con escoliosis, *Takeshita et al*, encontró que los pedículos más finos son entre T3-T5 en el lado cóncavo. En contraste, *Liljenqvist et al*, encontraron los pedículos más delgados en la región apical cóncava de las curvas torácicas entre T7 y T10.<sup>11</sup>

En comparación con los estudios en la columna no deformada, la escoliosis muestra un patrón similar de ancho transversal pedicular decreciente, desde T1 a T4 y luego, gradualmente ir aumentando de T4 hacia abajo. Esto se ha demostrado de igual manera, en pacientes latinoamericanos.<sup>12</sup>

El estudio de *Liljenqvist et al*, establece el diámetro endosteal del istmo pedicular con valores tan bajos como 2,5 mm en el pedículo de la vértebra apical cóncava (T8-T9). Sin embargo, el espesor de la corteza pedicular mide aproximadamente entre 1 y 2 mm. Por lo tanto, estos va-

lores se incrementarían en 1-2 mm para el diámetro exterior del pedículo y se ha demostrado que los tornillos transpediculares se pueden insertar de forma segura hasta 80% - 115% del diámetro exterior pedicular, sin compromiso a la estructura del pedículo o fijación.

El segundo parámetro anatómico importante a considerar durante la inserción del tornillo transpedicular es el ángulo transversal pedicular. El presente estudio muestra que el ángulo de pedículo transversal fue mayor en el lado cóncavo en todos los niveles, en comparación con los pedículos convexos correspondientes. En contraste, para *Liljenqvist et al*, el ángulo del pedículo convexo fue más consistente que la angulación cóncava en todos los niveles.

Las observaciones de este estudio son consistentes con los hallazgos de *Takeshita et al*, quienes han informado de que la angulación del pedículo cóncavo en el plano transversal, sea algo más que la angulación pedicular del lado convexo. La razón de esto podría ser, la deformación intravertebral que se desarrolla con la rotación de la columna escoliótica.

Estudios asiáticos como norteamericanos han demostrado que el ángulo transversal pedicular en la columna vertebral no deformada, disminuye constantemente desde un máximo en T1 (25-35°) a cero grados de angulación o negativo a nivel de T12.<sup>13</sup> En cambio, con el presente estudio se evidenció cierta variación en el ángulo transversal máximo en la región periapical, registrada predominantemente en el lado cóncavo de la curva escoliótica.

El tercer parámetro de importancia para la selección de la longitud del tornillo transpedicular apropiado, es la profundidad a la corteza anterior a lo largo del eje pedículo. Este estudio muestra que el lado cóncavo puede alojar un tornillo transpedicular ligeramente más largo que el lado convexo correspondiente. Sin embargo, el aumento en la longitud de la profundidad en la concavidad, en comparación con el lado convexo fue mínimo y estadísticamente insignificante en la mayoría de los niveles.

Takeshita et al y Liljenqvist et al, también han informado sobre una longitud de inclusión mayor en el pedículo cóncavo de la curva escoliótica, en comparación con el lado convexo. La razón más probable para este hallazgo es la deformación intravertebral informado por Xiong et al, que demostraron en su estudio que el cuerpo vertebral se desplaza hacia la concavidad en el plano transversal, con la rotación de la columna vertebral. Por consiguiente, el cuerpo vertebral está ligeramente desplazado hacia la parte cóncava, observándose una mayor longitud acorde en el lado cóncavo.

Los parámetros sagitales que han sido incluidos en este estudio: altura sagital pedicular y ángulo sagital pedicular, son de menor importancia en la inserción del tornillo transpedicular en la columna torácica.

## CONCLUSIONES

Los datos del estudio muestran que el análisis morfométrico en vértebras escolióticas, es sustancialmente diferente de las vértebras en las columnas normales, con vértebras que muestran una deformidad intravertebral asimétrica. La instrumentación transpediculares en la concavidad de la región apical en las curvas torácicas es crítica, debido al menor diámetro endóstico del pedículo.

Este estudio concluye que durante la planificación de la instrumentación transpedicular en EIA, el cirujano debe ser consciente que el pedículo de la concavidad es de menor diámetro y con mayor angulación medial que el lado convexo, especialmente en la región apical de la curva escoliótica. Otra consideración es la deformidad intravertebral y la curvatura de los pedículos en la región apical, como magnitud a medida que la curva aumenta.

La anatomía del pedículo en EIS, muestra muy altas variaciones individuales y un estudio cuidadoso de la TC preoperatoria es esencial para la planificación de la correcta colocación del tornillo transpedicular. Además, en comparación con la población occidental, las mediciones de las variables en los pacientes latinoamericanos son

menores, con anchos y ángulos transversales pediculares inferiores.

Con respecto a la longitud de la instrumentación transpedicular, tornillos ligeramente más largos pueden ser introducidos en el lado de la concavidad en comparación con el lado convexo, a pesar de que la diferencia en la profundidad de inclusión en el cuerpo vertebral no es estadísticamente significativa en la mayoría de los niveles.

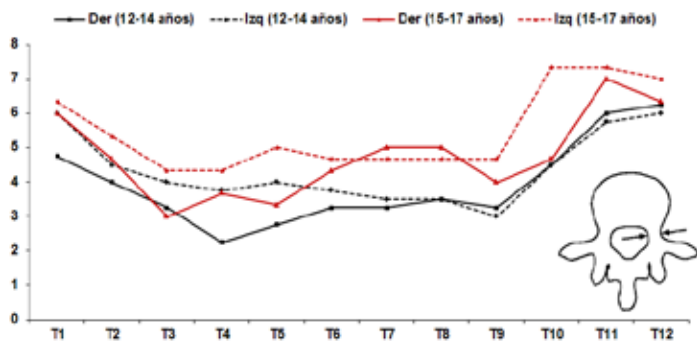
## REFERENCIAS

1. Zindrick MR, Knight GW. Pedicle morphology of the immature thoracolumbar spine. *Spine* 2000; 25(6):2726-2735.
2. Shi YM, Chai W. A study on the morphology of thoracic spine. *Chin J Spine Spinal Cord* 2000; 12(10):191-193.
3. Liljenqvist UR, Allkemper T. Pedicle morphology of the thoracic spine in preadolescent idiopathic scoliosis: magnetic resonance supported analysis. *Eur Spine J* 2007; 16(8):1203-1208.
4. Takeshita K, Maruyama T. Diameter, length, and direction of pedicle screws for scoliotic spine: analysis by multiplanar reconstruction of computed tomography. *Spine* 2009; 34(8):798-803.
5. Liljenqvist UR, Link TM. Morphometric analysis of thoracic and lumbar vertebrae in idiopathic scoliosis. *Spine* 2000; 25(6):1247-1253.
6. O'Brien MF, Lenke LG. Pedicle morphology in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: is pedicle fixation an anatomically viable technique?. *Spine* 2000; 25(10):2285-2293.
7. Laporte S, Mitton D. Quantitative morphometric study of thoracic spine. A preliminary parameters statistical analysis. *Eur J Orthop* 2000; 10:87-91.
8. Kim N, Lee H, Chung I. Morphometric study of the pedicles of thoracic and lumbar vertebrae in Koreans. *Spine* 1994; 19:1390-1394.
9. Datir SP, Mitra SR. Morphometric study of the thoracic vertebral pedicle in an Indian population. *Spine* 2004; 29(7):1174-1181.
10. Datir SP, Mitra SR. Morphometric study of the lumbar pedicle in the Indian population as related to pedicular screw fixation. *Spine* 2002; 27:453-459.
11. Takeshita K, Maruyama T. Diameter, length, and direction of pedicle screws for scoliotic spine: Analysis by multiplanar reconstruction of computed tomography. *Spine* 2009; 34:798-803.
12. Xiong B, Sevastik B. Horizontal plane morphometry of normal

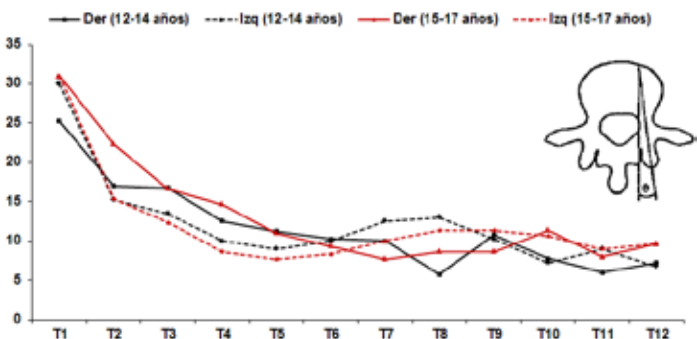
and scoliotic vertebrae. *Eur Spine J* 1995; 4:6-10.

13. Kotwicki T, Napiontek M. Intravertebral deformation in idiopathic scoliosis: A transverse plane computer tomographic study. *J Pediatr Orthop* 2008; 28(2):225-229.

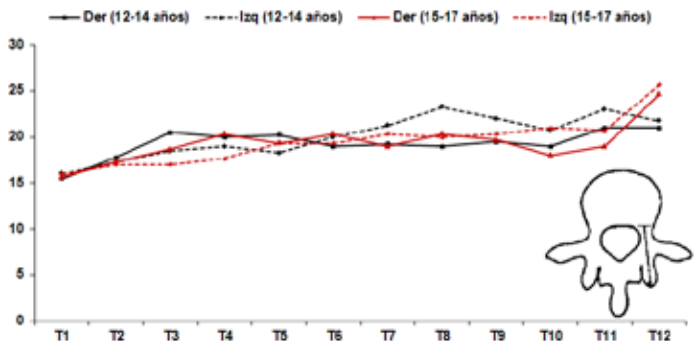
**ANEXOS**



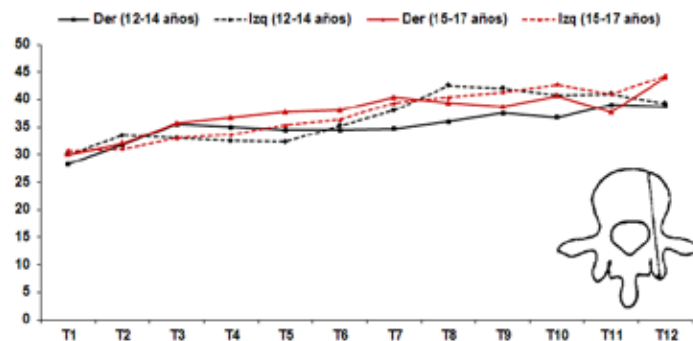
**Grafico 1.** Análisis morfométrico del ancho transversal pedicular.



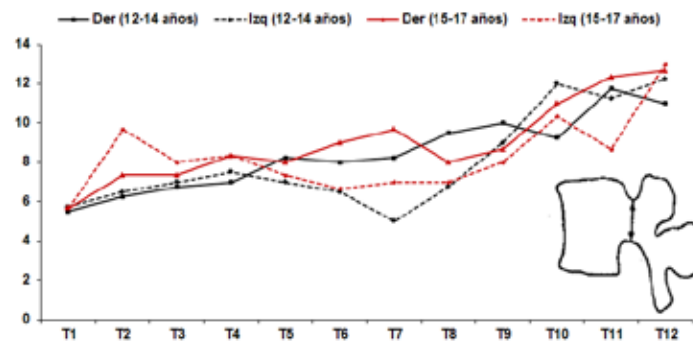
**Grafico 2.** Análisis morfométrico del ángulo transversal pedicular.



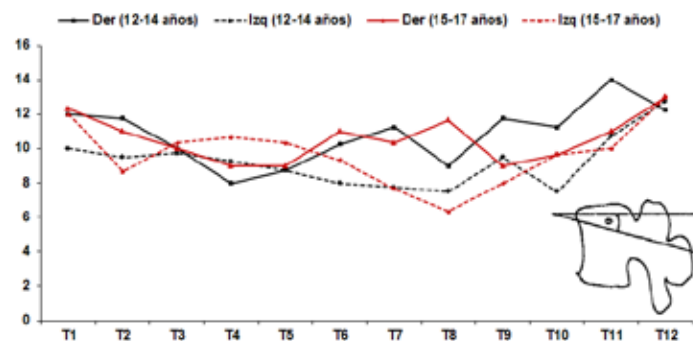
**Grafico 3.** Análisis morfométrico de la longitud pedicular.



**Grafico 4.** Análisis morfométrico de la profundidad de inclusión en cuerpo vertebral.



**Grafico 5.** Análisis morfométrico de la altura sagital pedicular.



**Grafico 6.** Análisis morfométrico del ángulo sagital pedicular.

## REPARACIÓN ARTROSCOPICA CON ANCLAS SIN NUDO PARA LAS LESIONES 1B Y 1C DEL COMPLEJO FIBROCARILAGO TRIANGULAR

### Arthroscopic repair with knotless anchors for 1B and 1C complex triangular fibrocartilage lesions

Dr. David Miot Boncy\*, Dra. Maggali Torrealba Marin\*\*

#### RESUMEN

Las lesiones del complejo fibrocartilago triangular (CFCT) comienzan a ser más frecuentes en la consulta diaria, con el advenimiento de la artroscopia de muñeca son múltiples las técnicas que se están realizando para la reparación de las lesiones tipo 1B y 1C de Palmer, en este trabajo presentamos nuestra experiencia en el uso de anclas sin nudos con paso de sutura vertical para la reparación del CFCT.

**Palabras Clave:** Fibrocartilago triangular, artroscopia, muñeca, anclas sin nudos

**Nivel de evidencia:** IV

#### ABSTRACT

The triangular fibrocartilage complex (TFCC) injuries are becoming more common in daily practice, with the advent of wrist arthroscopy are many techniques that are being made to repair Palmer's lesions type 1B and 1C, in this paper we present our experience using knotless anchors with vertical suture passage to TFCC repair.

**Key Words:** Triangular Fibrocartilage, arthroscopy, wrist, knotless anchor.

#### INTRODUCCION

El dolor en el lado cubital de la muñeca, puede tener múltiples patologías entre las que se cuentan las lesiones del complejo fibrocartilago triangular (CFCT), lesiones ligamentarias luno-triquetales o síndrome de impactación ulnar<sup>1</sup>. Las lesiones del CFCT de origen traumático son por mecanismos de torsión o tracción<sup>2</sup>, que pueden llevar a inestabilidades, pérdida de la fuerza y tendinitis del extensor carpis ulnaris (ECU)<sup>3</sup>.

El CFCT es una estructura anatómica fibrocartilaginosa que se encuentra interpuesto entre el cubito distal y la zona cubital del carpo, está formado por el disco triangular, menisco homólogo, ligamentos radiocubitales distales (RCD) volares y dorsales, ligamentos ulno triquetrales y ulno lunare y la cara volar de la vaina tendinosa del ECU, con una buena vascularidad en la zona periférica hasta ser avascular en su zona central e inserción radial<sup>4,5,6</sup>.

---

(\*) Traumatología y Ortopedia, Cirujano de la Mano, Centro Médico Docente Los Altos.

(\*\*) Traumatología y Ortopedia, Cirujano de la Mano, Clínica Sanatrix, Caracas Venezuela.

Dirección de Correspondencia:

Centro Médico Docente Los Altos, Unidad de Traumatología, P.B. Carrizal, Edo Miranda. Venezuela.

E-mail: davemiot@gmail.com.

Los autores declaramos que no poseemos conflicto de interés con ninguna casa comercial nombrada en este trabajo.

En el diagnóstico clínico contamos con el signo de compresión cubital positivo en pacientes con historia de dolor en el lado cubital de la muñeca, el cual es complementado con una artroresonancia magnética de la muñeca que tiene una mejor especificidad y sensibilidad que la resonancia tradicional<sup>7,8</sup>. Existen dos clasificaciones para las lesiones del CFCT, una descrita por Palmer, la cual divide en dos grupos, de origen traumático (tipo 1) y de origen degenerativo (tipo 2) (Tabla 1) y Atzei que realizó una nueva clasificación de las lesiones periféricas en cinco estadios según el tamaño y potencial de reparación<sup>9</sup> (Tabla 2).

Existen requisitos para realizar la artroscopia reparadora en lesiones del CFCT como lo son: estabilidad clínica de la articulación RCD, aunque algunos autores incluyen las inestabilidades<sup>9</sup>, donde no exista una fractura del radio y/o cubito distal mal alineada, y sin presencia de artrosis o artrosis leve<sup>10</sup>. En las lesiones periféricas del CFCT la sutura transósea ha demostrado ser una mejor técnica por aumento en la estabilidad en comparación a las suturas simples a la cápsula articular, sobre todo si existe lesión de la inserción foveal del CFCT que puede condicionar mayor inestabilidad de la articulación RCD<sup>9,11</sup>. Los resultados en el tratamiento artroscópico a largo plazo demuestran ser iguales o superiores al tratamiento abierto<sup>12,13</sup>. En los casos abiertos existe una mayor morbilidad, mayor índice de lesión de la rama sensitiva dorsal del nervio cubital y protocolos de mayor inmovilización<sup>9</sup>. Existen múltiples maneras de reinsertión de lesiones periféricas del CFCT, entre las suturas capsulares existen técnicas fuera-adentro y adentro-afuera con diferentes técnicas<sup>10,14,15,16,17</sup>, todo adentro<sup>18,19,20</sup>, nudos por ultrasonido<sup>21</sup> y uso de dispositivos de sutura meniscal como el T-Fix® (Smith and Nephew)<sup>22,23</sup>; La fijación transósea es más demandante en su técnica quirúrgica, por lo que se ha tratado de simplificar con técnicas que emplean dispositivos para lograr tal fin, como guías externas<sup>24</sup>, el uso de anclas precargadas extraarticulares<sup>9</sup> y uso de anclas sin nudos intraarticulares<sup>25</sup>. En las suturas meniscales, la configuración de las suturas en forma vertical poseen una mayor resistencia que las suturas horizontales<sup>10,26</sup>.

En este trabajo nos planteamos el uso de las ancla sin nudo con colocación extraarticular y pase de sutura vertical para la reparación del CFCT en las lesiones periféricas tipo 1B o 1C de Palmer y la restitución de la estabilidad de la articulación RCD.

<b>TIPO 1: TRAUMÁTICA</b>	
A.	Perforación central
B.	Avulsión periférica Con fractura de la estiloides cubital Sin fractura de la estiloides cubital
C.	Avulsión distal
D.	Avulsión radial Con fractura cavidad sigmoidea Sin fractura cavidad sigmoidea
<b>TIPO 2: DEGENERATIVA</b>	
A.	Desgarro del CFCT
B.	Desgarro del CFCT + Condromalacia del semilunar y y/o cubito
C.	Perforación del CFCT + Condromalacia del semilunar y y/o cubito
D.	Perforación del CFCT + Condromalacia del semilunar y y/o cubito + Perforación del ligamento LT
E.	Perforación del CFCT + Condromalacia del semilunar y y/o cubito + Perforación del ligamento LT + Artrosis cubitocarpiana

Tabla 1. Clasificación de Palmer

Tipo 1	Ruptura distal reparable
Tipo 2	Ruptura completa reparable
Tipo 3	Ruptura proximal reparable
Tipo 4A	Ruptura masiva, no reductible. No reparable
Tipo 4B	Falla de la sutura, falla del ligamento. No reparable
Tipo 5	Artrosis de la articulación radio cubital distal.

Tabla 2. Clasificación de Atzei

## MATERIAL Y METODO

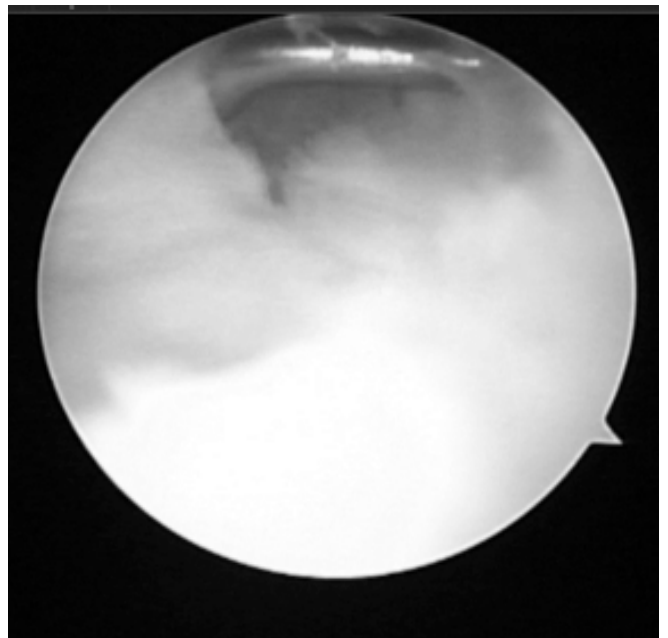
Se evaluaron a todos los pacientes de ambos sexos mayores de 18 años que acudieron a la consulta presentando dolor en el borde cubital de la muñeca entre septiembre de 2012 a mayo de 2014, quienes posterior a evaluación clínica, radiológica y artroresonancia se diagnosticó lesión tipo 1B o 1C de palmer del CFCT, en una o ambas manos, sin mejoría clínica con rehabilitación previa de 2 a 3 meses y quienes aceptaron el procedimiento quirúrgico. Se excluyeron a pacientes que presentaban artrosis moderada o severa y gran inestabilidad de la articulación RCD.

En área quirúrgica se posiciona el miembro afecto con torniquete neumático a 250 mmHg, en tracción digital usando una torre Concept®, con los dediles colocados en los dedos medio y anular lo que permite abrir mejor el espacio radiocarpal cubital aplicando 10 lb de peso. Se realizó la artroscopia de muñeca, usando los portales 3-4 y 6R (figura 1); luego de la visualización e identificación de la lesión (figura 2) se determinó el grado de pérdida del signo del trampolín del CFCT. Con shaver de 2,0 mm de diámetro y radiofrecuencia (VAPR®) con punta de 2,7 mm de diámetro, se procedió a realizar sinovectomía de la zona y avivar los bordes del CFCT y cabeza del cúbito. Se realizó una incisión en el borde lateral de la cabeza cubital con rechazo de la rama sensitiva dorsal del nervio cubital, se procedió a realizar el pase de las suturas hi-fi (Conmed®) con técnica de fuera-adentro y adentro-fuera con pasadores de sutura microsuturelazo (Arthrex®), en número de dos en forma vertical (Figura 3), posteriormente se realiza el taladrado de la cabeza del cubito con mecha iniciadora del ancla de 2,8 mm (figura 4) y el montaje de las suturas al ancla sin nudo tipo poplock (Conmed®) de 2,8 mm de diámetro, introducción ósea del ancla con posterior tensado de las dos suturas con la muñeca en posición supina de 45° y posterior fijación definitiva del ancla (figura 5); se inmovilizo el antebrazo con férula en pinza de azúcar por un periodo de tres semanas en posición neutra, luego uso de muñequera ferulada por 3 semanas hasta completar las seis semanas, iniciando en este periodo la rehabilitación, con evaluaciones a los 10, 21, 45 y 90 días.

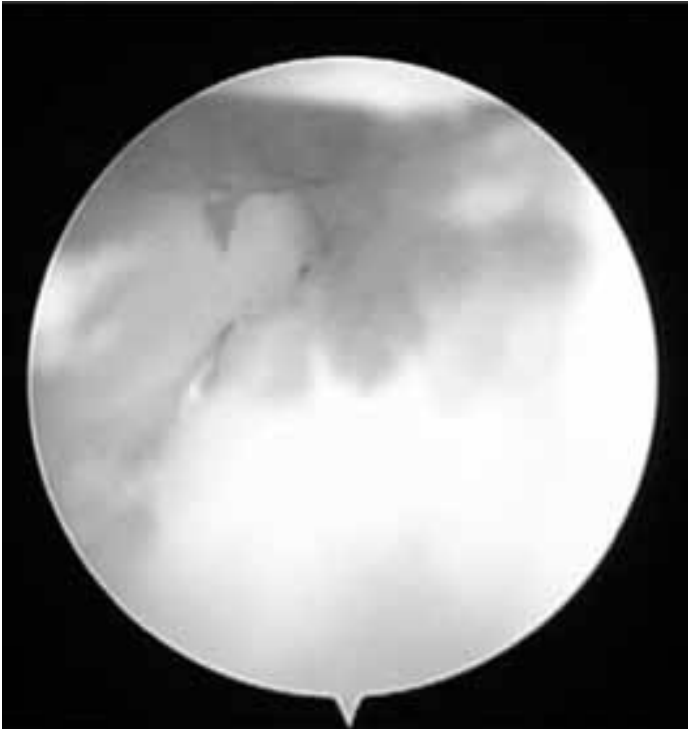
Figura 1



Figura 2



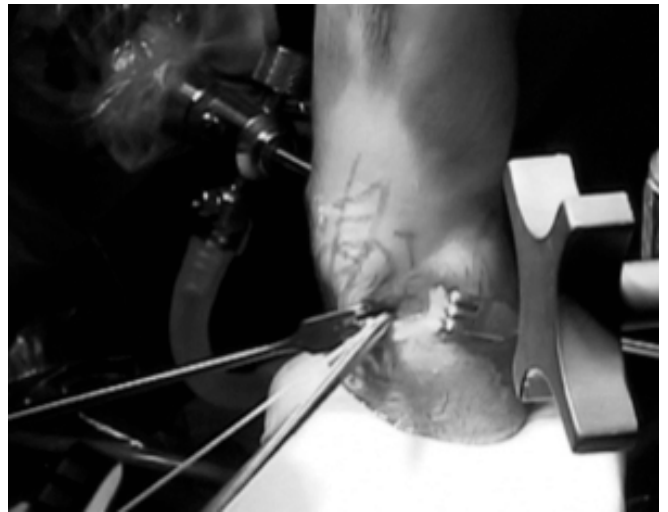
**Figura 3**



**Figura 4**



**Figura 5**



## RESULTADOS

Se intervinieron 11 pacientes con la realización de 11 arthroscopias, el promedio de edad fue de 41,73 años, que oscilo entre los 32 y los 63 años. Los pacientes del sexo femenino fueron 4 (36,36%) y del masculino fueron 7 (63,64%).

Todos los pacientes eran dextromanos, presentaron patología 1B de palmer, sin inestabilidad en forma unilateral. La causa de la lesión fue por caída en 5 pacientes (45,46%), carga de peso en 3 pacientes (27,27%), un arrollamiento, un accidente y una tracción para un (9,09%) cada uno. El promedio de dolor preoperatorio según la escala análoga visual (EAV) fue de 7. Se intervinieron 8 patologías derechas (72,73%) y 3 izquierdas (27,27%). En 4 pacientes (36,36%) no presentaron patologías asociadas y en siete de los pacientes se encontraron patologías asociadas tales como lunatomalacia en 3 pacientes (27,27%), lesión en la estiloides cubital en 2 pacientes (18,18%), una paciente con laxitud del ligamento escafo-lunar y un paciente con De Quervain para un (9,09%) cada uno.

El promedio de seguimiento de los pacientes fue de 13,27

meses, que oscilo entre los 3 y 21 meses. Con un promedio de reincorporación a sus actividades de 3,57 meses. La EAV de dolor postoperatoria se evidenciaron 8 pacientes con nivel 0, dos pacientes con nivel 1 y un paciente con nivel 3-4.

Dividimos la EAV en cuatro niveles para categorizar los resultados, de 0 a 1 como excelentes, de 2 a 3 como bueno, de 4-5 como regular y mayor de 5 como malos.

Un paciente (9,09%) presento como complicación la pérdida de la hiperextensión del dedo meñique durante el periodo de rehabilitación, la cual el paciente no quiso estudiarla.

Luego de realizar el análisis se evidencia que se encontró en esta serie un 90,91% de excelentes resultados y buenos resultados en 9,09%. No obtuvimos ni regulares ni malos resultados.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Por las nuevas actividades de la vida diaria que existen en la sociedad moderna, las lesiones del CFCT son más comunes en la consulta, con la consecuencia de una disminución en la calidad de vida del paciente por dolor. Con el advenimiento de la artroscopia se ha abierto todo un nuevo reto de cómo realizar las reparaciones del CFCT con una menor morbilidad. En la literatura no encontramos referencia al uso de anclas sin nudos en forma extraarticular, y evidenciamos que nuestra casuística se acerca a la de la mayoría de los trabajos consultados para otros métodos. Obtuvimos excelentes resultados con una alta satisfacción del paciente al procedimiento, con reincorporación a sus actividades laborales y recreativas sin dolor. Consideramos que esta técnica, simplifica el acto quirúrgico al posicionar primero las suturas donde consideremos correctas, sin el obstáculo que impone un ancla precargada en mala posición y en una configuración que pudiera ser más estable como son las suturas verticales, sin tener los efectos adversos de dolor o molestias de los nudos que quedan en el tejido celular subcutáneo; Esta técnica es un

alternativa más en el arsenal del Traumatólogo o Cirujano de la Mano para la reparación de las lesiones periféricas del CFCT.

## REFERENCIAS

1. Sachar K. Ulnar-Side Wrist Pain: Evaluation and Treatment of Triangular Fibrocartilage Complex Tears, Ulnocarpal Impaction Syndrome, and Lunotriquetral Ligament Tears. *J Hand Surg*, 2008; 33A(11):1669-79.
2. Slutsky D, Nagle D. Wrist Arthroscopy: Current Concepts. *J Hand Surg*, 2008; 33A(9):1228-44.
3. Domire Z, Karabekmez F, Duymaz A et al. The Effect of TFCC Injury on ECU Function and Friction. *Clin Biomech*, 2009; 24(10):807-11.
4. Osterman L. Green's Operative Hand. Chapter 10, Wrist Arthroscopy: Operative Procedures. Cuarta edición. Editorial Churchill Livingstone. Philadelphia. 1999. pp 207-22.
5. Zancolli E, Cozzi E. Atlas de Anatomía Quirúrgica de la Mano. Capitulo 6 Parte III. Editorial Médica Panamericana. Madrid. 1993. pp 548-55.
6. Hinzpeter D. Diagnóstico y Tratamiento del Dolor Cubital de Muñeca en el Deportista. *Rev Med Clin Condes*, 2012; 23(3):299-312
7. Joshy S, Lee K, Deshmukh SC. Accuracy of Direct Magnetic Resonance Arthrography in the Diagnosis of Triangular Fibrocartilage Complex Tears of the Wrist. *International Orthopaedics (SICOT)*, 2008; 32:251-53.
8. Cerezal L, García-Valtuille R, Canga A, Rolón A, Abascal F. Técnica e Indicaciones de la Resonancia Magnética Artrografía. *Extremidad Superior (I)*. *Radiología* 2006, 48(6):341-56.
9. Mathoulin C, Atzei A. Réparation du Ligament Triangulaire (TFCC): Rapport d'une Serie de 72 Cas Suivant une Nouvelle Classification. e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2010; 9(1):21-7.
10. Slutsky D, Nagle D. Techniques in Wrist and Hand Arthroscopy. Chapter 5 Peripheral Tears of the TFCC: Arthroscopic Diagnosis and Management. Editorial Churchill Livingstone, Philadelphia, 2007. pp 42-53.
11. Nakamura T, Ikegami H, Sato K, Nakamichi N, Okuyama N, Takayama S. Arthroscopic Repair of the Ulnar Tears of the TFCC. *Riv Chir Mano*, 2006; 43(3):291-93.
12. Naquira LF, Suarez F, Bocanegra S, García A. Lesiones del Fibrocartilago Triangular de la Muñeca: Tratamiento en el Hospital Militar Central de Bogotá. *Revista Med*, 2005; 13(1):99-105.

13. Anderson ML, Larson AN, Moran SL, Cooney WP. Clinical Comparison of Arthroscopic Versus Open Repair of Triangular Fibrocartilage Complex Tears. *J Hand Surg*, 2008; 33A(3):675-82.
14. Chou CH, Lee TS. Peripheral Tears of Triangular Fibrocartilage Complex: Result of Primary Repair. *International Orthopaedics (SICOT)*, 2001; 25:392-95.
15. Mahajan RH, Kim SJ, Song DH, Kang YH, Park KY. Arthroscopic Repair Fibrocartilage Complex Using a Hypodermic Needle: A Technical Note. *J Orthop Surg*, 2009; 17(2):231-3.
16. Bernardi A, Triolo P, Conforti LG, Titolo P, Tos P, Battiston B. La Ricostruzione Artroscopica del Complesso Fibrocartilagineo Triangolare del Polso: Nostra Esperienza e Valutazione Clinica a Medio-Lungo Termine. *GIOT*, 2008; 34:252-59.
17. Wysocki RW, Ruch DS. Outside-In Repair of Peripheral Triangular Fibrocartilage Complex Tears. *Oper Tech Sports Med*, 2010; 18:163-67.
18. Degreef I, Welters H, Milants P, Van Ransbeeck H, De Smet L. Disability and Function after Arthroscopic Repair of Ulnar Avulsions of the Triangular Fibrocartilage Complex of the Wrist. *Acta Orthop Belg*, 2005; 71(3):289-93.
19. Pederzini LA, Tosi M, Prandini M, Botticella C, Milandri L. All-Inside Suture Technique for Palmer Class 1B Triangular Fibrocartilage Repair. *Riv Chir Mano*, 2006; 43(3):367-69.
20. Lee AT, Yao J. An Update on the Triangular Fibrocartilage Complex. *Current Orthopaedic Practice*, 2008; 19(5):509-14.
21. Badia A, Khanchandani P. Suture Welding for Arthroscopic Repair of Peripheral Triangular Fibrocartilage Complex Tears. *Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery*, 2007; 11(1):45-50.
22. Waterman S, Slader D, Masini BD, Owens BD. Safety Analysis of All-Inside Arthroscopic Repair of Peripheral Triangular Fibrocartilage Complex. *Arthroscopy*, 2010; 26(11):1474-77.
23. Yao J, Lee AT. All-Arthroscopic Repair of Palmer 1B Triangular Fibrocartilage Complex Tears Using the FasT-Fix Device. *J Hand Surg*, 2011; 36A(5):836-42.
24. Iwasaki N, Nishida K, Motomiva M, Funakoshi T, Minami A. Arthroscopic-Assisted Repair of Avulsed Triangular Fibrocartilage Complex to the Fovea of the Ulnar Head: A 2 to 4 Year Follow-up Study. *Arthroscopy*, 2011; 27(10):1371-78.
25. Desai MJ, Hutton WC, Jarrett CD. Arthroscopic Repair of Triangular Fibrocartilage Tears: A Biomechanical Comparison of a Knotless Suture Anchor and the Traditional Outside-in Repairs. *J Hand Surg*, 2013; 38A(11):2193-7
26. Paša L, Višna P. Suture of Meniscus. *Scripta Medica (Brno)*, 2005; 78(3):135-50.

## NUEVA CLASIFICACIÓN PARA LA RODILLA FLOTANTE EN ADULTOS. A new classification for Floating knee in adults

Dr. Manuel Brito

### RESUMEN

La clasificación de *Fraser para la rodilla flotante*, ha sido desde su publicación, la más difundida y utilizada a nivel mundial para estadificar esta lesión. En la rodilla flotante, el compromiso intraarticular se ha relacionado con mayor tasa de complicaciones y con los resultados funcionales más pobres. Sin embargo, la clasificación de Fraser, no toma en cuenta el compromiso de los tejidos blandos, lo cual también es importante para determinar el tratamiento, complicaciones y pronóstico. Otra lesión asociada a la rodilla flotante y que ha sido ampliamente documentada, es el compromiso de los ligamentos de la rodilla y las fracturas de rótula. Otros sistemas de clasificación propuestos posteriormente a la clasificación de Fraser, no toman en cuenta estos y otros elementos. Consideramos que una clasificación para la rodilla flotante, debe tomar en cuenta cuatro aspectos fundamentales para su diagnóstico, tratamiento y pronóstico: morfología de la lesión, compromiso articular, compromiso de las partes blandas y compromiso de los ligamentos de la rodilla y afectación de la rótula. Con esta investigación proponemos un nuevo sistema de clasificación para la rodilla flotante que toma en cuenta estas variables, y que además, es simple y proporciona importante información para su diagnóstico, tratamiento

y pronóstico

**Palabras Clave:** Rodilla flotante, alta energía, accidente automovilístico, politraumatizado, múltiples fracturas.

**Nivel de evidencia:** II

### ABSTRACT

The Fraser classification for floating knee has been since its publication, the most widespread and worldwide used to stage this injury. In the floating knee, intra-articular commitment has been linked to higher rates of complications and poorer functional outcomes. However, the classification of Fraser, does not take into account the commitment of the soft tissues, which is also important in determining treatment, complications and prognosis. Another lesion associated with floating knee and has been widely documented, is the commitment of the ligaments of the knee and patella fractures. Other classification systems subsequently proposed to Fraser classification, do not take into account these and other elements. We think that a classification for floating knee should include four key factor for diagnosis, treatment and prognosis: lesion morphology, joint involvement, commitment soft tissue and com-

---

Especialista en Ortopedia y Traumatología – Universidad de Los Andes. Hospital Carlos Roa Moreno de La Grita, Estado Táchira, Venezuela.

### Instituciones que apoyan este trabajo:

- Unidad Docente Asistencial de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Universitario de Los Andes. Mérida, Estado Mérida. Venezuela.
- Laboratorio de Investigación de Cirugía Ortopédica y Traumatología de la Universidad de Los Andes. Mérida, Estado Mérida, Venezuela.
- Instituto Autónomo Hospital Universitario de Los Andes. Mérida, Estado Mérida, Venezuela. Mérida, Estado Mérida. Venezuela.

**Autor responsable de la correspondencia del manuscrito:** Dr. Manuel Brito. Urbanización Valle Alto B, Calle Los Pinos, casa # 7, La Grita. Estado Táchira. Venezuela. Teléfono: (0424) 7280478. Email: drmanuelbrito@gmail.com

**Fuente de financiamiento:** Este trabajo fue realizado con recursos propios sin subvenciones.

mitment of knee ligament and patellar involvement. With this research we propose a new classification system for floating knee that takes into account these variables, and furthermore, is simple and provides impor-

tant information for diagnosis, treatment and prognosis.

**Key words:** Knee floating high energy, car accident, multiple injuries, multiple fractures.

## INTRODUCCIÓN

La asociación simultánea de fracturas ipsilaterales del fémur y la tibia, que incluye una combinación de fracturas diafisarias, metafisarias e intraarticulares, se conoce con el término “rodilla flotante” (RF), el cual fue descrito por primera vez en 1975 por *Blake y McBryde* (1,2).

Para clasificar la RF, *Blake y McBryde* (1) utilizaron el término “verdadera” (**tipo I**) y “variante” (**Tipo II**), de acuerdo al patrón de la fractura. El tipo I, se refiere a la fractura diafisaria del fémur y la tibia; El tipo II, es la fractura que se extiende a la rodilla, cadera o el tobillo.

*Fraser* (3) en 1978, clasificó a la RF de forma similar, pero analizando el compromiso de la rodilla. El tipo I, es el mismo descrito por *Blake y McBryde* (1); El tipo II se divide en 3 sub grupos: Tipo IIa, compromete a la diáfisis femoral y la meseta tibial; Tipo IIb, involucra el fémur distal y la diáfisis tibial; y Tipo IIc, que involucra al fémur distal y a la meseta tibial.

La clasificación de *Fraser* (3), ha sido desde su publicación, la más difundida y utilizada a nivel mundial para estadificar estas lesiones. El compromiso intraarticular se ha relacionado con mayor tasa de complicaciones y con pobres resultados funcionales (2,4-10). Sin embargo, este sistema no menciona el compromiso de los tejidos blandos, lo cual también es importante para determinar el tratamiento, complicaciones y pronóstico.

La incidencia de fracturas abiertas en la RF es elevada, alcanzando hasta 70% en algunas series, en uno o ambos huesos. La asociación más frecuente es la de fractura cerrada del fémur y de fractura abierta de la tibia (2,4-10).

Ahora bien, aunque en este tipo de lesiones la localización de las fracturas es fundamental, el compromiso articular y la afectación de las partes blandas también son factores importantes que influyen en la decisión del cirujano al momento de la elección del tratamiento y son determinantes en la evolución y en los resultados anatómicos y funcionales. Por lo tanto deben ser documentados con precisión con propósitos de investigación científica y la evaluación de las intervenciones quirúrgicas y sus resultados a corto y largo plazo (4).

Los sistemas de clasificación tienen múltiples propósitos, entre los cuales está facilitar la comunicación entre los cirujanos y ayudar al proceso de documentación e investigación (3).

Con esta investigación, proponemos un nuevo sistema de clasificación para la rodilla flotante que incluya las variables: morfología, afectación articular y compromiso de las partes blandas, el cual es simple y proporciona importante información para predecir el método de tratamiento, complicaciones y resultados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Definiciones anatómicas

Para la definición de los extremos distal del fémur y proximal de la tibia, así como de la diáfisis de ambos huesos, utilizaremos el cuadrilátero de Heim o “regla de los cuadrados” (11), que es un método imagenológico basado en la observación de radiografías en su proyección anteroposterior. Para ello recomendamos la obtención de radiografías panorámicas, que incluyan las articulaciones proximal y distal, tanto del fémur y como la tibia.

Extremo distal del fémur: Es el segmento delimitado por

un cuadrado cuyos lados laterales son paralelos al eje del fémur y su longitud igual al máximo ancho de la epífisis distal.

**Diáfisis femoral:** Es el segmento del hueso que se encuentra desde 3 cms por debajo del trocánter menor hasta el borde superior del cuadrilátero de Heim en el extremo distal del fémur.

**Extremo proximal de la tibia o “meseta tibial”:** Es el segmento delimitado por un cuadrado cuyos lados laterales son paralelos al eje de la tibia y su longitud igual al máximo ancho de la epífisis proximal de la tibia.

**Diáfisis de la tibia:** Es el segmento de la tibia que se encuentra desde el borde inferior del cuadrilátero de Heim delimitado en su extremo proximal, hasta el borde superior de otro cuadrilátero delimitado en su extremo distal.

**Clasificación de la Universidad de Los Andes para la Rodilla Flotante**

En el nuevo sistema de clasificación que proponemos para esta lesión, se especifica el sitio de fractura, el compromiso articular y el compromiso de las partes blandas para la fractura de fémur y la tibia. Este último aspecto es esencial, debido que, al indicar el estado de las partes blandas junto a la descripción de la lesión esquelética, se puede establecer de mejor forma el tratamiento a corto y largo plazo y predecir los resultados anatómicos y funcionales.

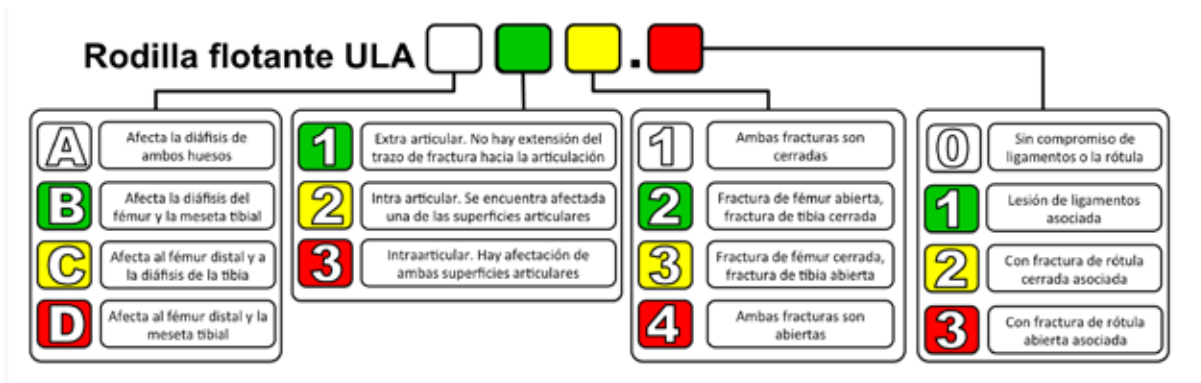
La clasificación que proponemos busca ampliar las conocidas clasificaciones de Blake y McBryde (1) y Fraser (12) para la rodilla flotante en adultos, al agregarle una variable que describa el tipo de lesión de los tejidos blandos.

Está basada en los hallazgos radiográficos, en las proyecciones anteroposterior y lateral del fémur y la tibia, y en información adicional que pueden aportar otras proyecciones complementarias como las oblicuas y otros tipos de estudios de imagen como la tomografía computarizada.

La clasificación que proponemos, es alfa numérica, y está formada por cuatro elementos (Figura 1); El primero: es una letra que indica el tipo el patrón óseo o morfológico de la rodilla flotante; El segundo: es un número que se refiere al compromiso articular en el fémur distal y la tibia proximal; El tercero: un número que indica el tipo de lesión de tejidos blandos, seguido de un punto; y por último, El cuarto: una letra para indicar el compromiso de los ligamentos de la rodilla o fracturas de la rótula.

El primer componente, es una letra mayúscula (A,B,C o D). Las fracturas Tipo A, comprometen la diáfisis de ambos huesos; Tipo B, involucra a la diáfisis del fémur y la meseta tibial; Tipo C, involucran el fémur distal y la diáfisis de la tibia; Tipo D, involucra al fémur distal y la tibia proximal.

**Figura 1.** Clasificación de la Universidad de Los Andes para la rodilla flotante en adultos.



El segundo componente es un número (1,2,3), y describe el compromiso de la articulación en ambos componentes, femoral y tibial. Las grado 1, no comprometen ninguna de las superficies articulares; las tipo 2, hay compromiso de una de las superficies articulares; y en las tipo 3, se encuentran comprometidas ambas articulaciones.

El tercer componente es un número (1,2,3 o 4). Describe la lesión de las partes blandas. Las grupo 1, sin lesión de partes blandas, ambas fracturas son cerradas; Grado 2, la fractura de fémur es abierta y la de tibia es cerrada; Grado 3, la fractura de fémur es cerrada y la de tibia es abierta; Grado 4, ambas fracturas son abiertas.

A continuación tiene un punto, y por último, un número (0,1,2 o 3). Describe lesión de los ligamentos de la rodilla. Las sub grupo 0, sin compromiso ligamentario o fracturas de rótula; sub grupo 1, con afectación de los ligamentos de la rodilla; sub grupo 2, con fractura cerrada de la rótula asociada; y las sub grupo 3, con fractura abierta de la rótula asociada.

Por ejemplo (Figura 2), rodilla flotante derecha con fractura diafisaria de fémur y meseta tibial [B]; intraarticular, con compromiso articular de la meseta tibial [2]; con fractura abierta de fémur y tibia [4]; sin compromiso de los ligamentos de la rodilla o fractura de la rótula [0] se clasifica como: Rodilla flotante derecha ULA B24.0

Figura 2. Ejemplo 1.



## DISCUSIÓN

Con este artículo se presenta un nuevo sistema de clasificación para la rodilla flotante en adultos, la cual se ha decidido nombrar como “Clasificación de la Universidad de Los Andes para la Rodilla Flotante”.

La misma fue concebida y desarrollada en un servicio de traumatología con amplia y larga experiencia en el manejo del traumatismos de alta energía como la RF (12), perteneciente a un centro hospitalario de IV nivel. Esta cla-

sificación presenta un código estructurado que consideramos simple, entendible, lógico y clínicamente relevante para el manejo de este tipo de lesiones. Esta clasificación fue revisada críticamente antes de ser propuesta. En el Cuadro 1, se comparan los distintos sistema de clasificación para la RF presentados hasta el día de hoy y los parámetros que éstos evalúan comparados con el sistema de clasificación que proponemos.

**Cuadro 1.** Comparación de los sistemas de clasificación propuestos para la RF

<b>Autores (Año de publicación)</b>	<b>Morfología de la lesión</b>	<b>Compromiso articular</b>	<b>Compromiso partes blandas</b>	<b>Compromiso de la rótula</b>
Blake R, McBryde A (1975)	Sí	No	No	No
Fraser R, Hunter G, Waddell J. (1978)	Sí	No	No	No
Letts M, Vincent N, Gouw G (1986) *niños	Sí	No	Sí	No
Afzali J, Sarvari Y, Gharahdaghi M y cols (2007)	Sí	Sí	Sí	No
Ran T, Hua X, Zhenyu Z y cols (2013)	Sí	Sí	No	Sí
Brito M	Sí	Sí	Sí	Sí

Los sistemas de clasificación son útiles para comparación, documentación e investigación clínica (13), también debe ser de ser clínicamente relevante, reproducible, exacto y válido (14,15). Aunque la clasificación de Fraser (3) ha sido la más difundida y utilizada a nivel mundial para la rodilla flotante en adultos, y ha mostrado suficiencia para ello a lo largo de los años, sin embargo, no considera aspectos importantes como las fracturas abiertas que se encuentran asociadas hasta en un 70% (2,4-10). En 2007, Afzali y cols (16) propone un sistema de clasificación que toma en cuenta la morfología de la lesión, compromiso de las partes blandas y el compromiso articular, sin embargo no toma en cuenta las lesiones de los ligamentos de la rodilla o las fracturas de la rótula, que son ampliamente documentadas como lesiones asociadas a la RF (2,4,10).

Más recientemente, en 2013, Ran y Cols (17), propusieron un sistema de clasificación que toma en cuenta las lesiones ligamentarias y fracturas de la rótula, sin embargo, no así el compromiso de las partes blandas.

Esta nueva clasificación que proponemos se encuentra estrechamente relacionada con las opciones de tratamiento para estas lesiones, que puede ser utilizada por los cirujanos para decidir la opción terapéutica mas adecuada.

Audige y col (14) proponen un protocolo de tres fases para la validación de los sistemas de clasificación para su uso en la práctica clínica. La primera fase de la validación incluye la proposición de la clasificación y la realización de estudios pilotos de aplicación. La segunda fase y tercera

fase comprenden la realización de estudios multicéntricos clínicos y de concordancia, para establecer la utilidad y la relevancia del sistema de clasificación propuesto.

Así que cumpliendo con esta primera fase, se propone este nuevo sistema de clasificación y sugerimos la realización de otros estudios para completar los requerimientos de las siguientes fases del proceso de validación.

Destacamos la importancia de la realización de los estudios pilotos de aplicación, ya que estos definen un lenguaje común en los que distintos cirujanos se pueden comunicar entre ellos, al interpretar y describir estas lesiones de igual forma (12-19).

Esto sienta las bases para implantar una herramienta de clasificación, para la rodilla flotante, que puede ser útil para la documentación y evaluación de las opciones de tratamiento, que se convierta en el "gold standard" para su manejo.

## REFERENCIAS

1. Blake R, McBryde A. The floating knee: ipsilateral fractures of the tibia and femur. *South Med J* 1975;68:13-65.
2. Rethnam U, Yesupalan R, Nair R. Impact of associated injuries in the floating knee: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord* 2009;10:7.
3. Fraser R, Hunter G, Waddell J. Ipsilateral fracture of the femur and tibia. *J Bone Joint Surg Br* 1978;60-B(4):510-5.
4. Rethnam U, Yesupalan R, Nair R. The floating knee: epide-

- miology, prognostic indicators & outcome following surgical management. *J Trauma Manag Outcomes* 2007;1(1):2.
5. Hegazy A. Surgical Management of Ipsilateral Fracture of the Femur and Tibia in Adults (the Floating Knee): Postoperative Clinical, Radiological, and Functional Outcomes. *Clin Orthop Surg* 2011;3(2):133-139.
  6. Fuentes J, Vargas O, Mustafa Omar. Estudio de Rodilla Flotante en pacientes del Hospital Clínico Viedma. *Rev Cient Cienc Méd* 2011;14(1):12-16.
  7. Piétu G, Jacquot F, Féron J et al. The floating knee: a retrospective analysis of 172 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2007;93(6):627-34.
  8. Lugones A, Mangupli M, Galera H, Díaz P, Pioli I, Allende L. Tratamiento, lesiones asociadas y complicaciones en las fracturas homolaterales del fémur y la tibia: "Rodilla flotante". *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2010;75(4):370-375.
  9. Saavedra L, Vives H, Muciño R, Vázquez J, Rodríguez J, Rosas J, Bello A. Manejo quirúrgico de rodilla flotante en un hospital de urgencias. *Acta Ortopédica Mexicana* 2005;19(5):200-206
  10. Kao F, Tu Y, Hsu K, Su J, Yen C, Chou M. Floating knee injuries: a high complication rate. *Orthopedics* 2010;33(1):14.
  11. Heim U. The pilon tibial fracture: classification, surgical techniques, results. Philadelphia: W. B. Saunders Co., 1995.
  12. Brito M, Aliso K, Rivas A. Rodilla flotante en adultos: 30 años de revisión. *Rev Venez Cir Ortop Traumatol.* 2013;45(1):58-62.
  13. Slongo T, Audigé L, Schlickewei W, Clavert JM, Hunter J; International Association for Pediatric Traumatology. Development and validation of the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures by the Pediatric Expert Group of the AO Foundation in collaboration with AO Clinical Investigation and Documentation and the International Association for Pediatric Traumatology. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(1):43-9.
  14. Audigé L, Bhandari M, Hanson B, Kellam J. A concept for the validation of fracture classifications. *J Orthop Trauma.* 2005 Jul;19(6):401-6.
  15. Meling T, Harboe K, Enoksen CH, Aarflot M, Arthursson AJ, Søreide K. How reliable and accurate is the AO/OTA comprehensive classification for adult long-bone fractures? *J Trauma Acute Care Surg.* 2012 Jul;73(1):224-31.
  16. Afzali J, Sarvari Y, Gharedaghi M, Sharifi S, Mozafari J. Floating Knee and New Classification. *IJOS.* 2007; 6 (1) :30-35.
  17. Ran T, Hua X, Zhenyu Z, Yue L, Youhua W, Yi C, Fan L. Floating knee: a modified Fraser's classification and the results of a series of 28 cases. *Injury.* 2013;44(8):1033-42.
  18. Garbuz DS, Masri BA, Esdaile J, Duncan CP: Classification systems in orthopaedics. *J Am Acad Orthop Surg* 2002, 10(4):290-297.
  19. Audigé L, Bhandari M, Kellam J. How reliable are reliability studies of fracture classifications? A systematic review of their methodologies. *Acta Orthop Scand.* 2004 Apr;75(2):184-94.

## DISEÑO DE UN PROTOTIPO PORTÁTIL PARA LA MEDICION DEL ANGULO DE TORSION TIBIAL, EN PACIENTES ADULTOS DE AMBOS GENEREOS

### A prototype portable design for torsion angle measurements tibial, in patients both genders

**Autor:** Dra. Roceli Villanueva Batista\*

**Coautores:** Ing. Bogart Ríos \*\*, Ing. Sonia Solórzano \*\*

#### RESUMEN:

La torsión tibial, es una patología en la cual la tibia presenta una rotación a lo largo de su eje. Para calcular la magnitud de la rotación es necesario realizar una serie de estudios y evaluaciones para determinar el ángulo, el problema radica que al realizar estos exámenes todo depende del juicio y experticia de la persona que lo realice, dado que los puntos clave como los ejes de rotación, pueden ser apreciados y determinados por métodos diferentes, y esto puede causar un impacto negativo en el resultado de la evaluación. El presente trabajo, propone diseñar un dispositivo que permita obtener, de una forma transparente y entendible, la diferencia de ángulos en el plano transversal entre los ejes de la rodilla y el tobillo, el cual indica la magnitud de la rotación. Para lograrlo se trabajó con una metodología de investigación de campo aplicada. Se analizaron diferentes propuestas de prototipos, para así elegir aquella que se adaptara mejor a las necesidades que se desean cubrir. El prototipo constó de sensores ultrasónicos, colocados en los extremos de los ejes de rotación y proporcionaran datos de distancia que mediante un algoritmo desarrollado, permitirá conocer el ángulo de torsión. Para validar el prototipo, se trabajó con

pacientes del Centro de Salud Santa Inés y esto permitió comparar los resultados clínicos actuales, con los resultados del prototipo, demostrando que el dispositivo arrojaba los resultados esperados y funcionaba de acuerdo a las especificaciones.

**Nivel de evidencia:** II

**Palabras Clave:** torsión tibial, prototipo, ángulo, diseño.

#### SUMARY

Tibial torsion is a condition in which the tibia has a rotation along its axis. To calculate the amount of rotation is necessary to conduct a series of studies and evaluations to determine the angle, the problem is that doing these tests all depends on the judgment and expertise of the person making the payment, as the key points as the axes rotation can be assessed and determined by different methods, and this can cause a negative impact on the outcome of the evaluation. This paper aims to design a device that provides, in a transparent and understandable way, the difference in the transverse plane angles between the axes of the knee and ankle, which indicates the amount of rota-

(\*) Cirugía Ortopédica Reconstructiva, Traumatología y Ortopedia Infantil. Clínica Leopoldo Aguerrevere, Caracas, Venezuela

(\*\*) Ingeniero Industrial de la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

Autor responsable de la correspondencia: Roceli Villanueva

Dirección: Clínica el Ávila, 6ta transversal de Altamira, urbanización Altamira Norte- Caracas, piso 9, consultorio 905, teléfono: 0426-5207420, 0212-2761975

Correo: rocelivillanueva@yahoo.es

*Ninguno de los autores a recibido ningún tipo de apoyo financiero directo o indirecto para la realización de este estudio.*

tion. To achieve this we worked with a research methodology applied field. Different proposals for prototypes were analyzed and they choose the one that is best adapted to the needs that you want to cover. The prototype consisted of ultrasonic sensors located at the ends of the rotational axes and provide distance data using an algorithm developed which allow to know the angle of twist. To validate

the prototype worked with patients of the Health Center Santa Inés and this allowed us to compare current clinical results with the results of the prototype, demonstrating that the device threw the expected results and work according to specifications.

**Key words:** tibial torsión, prototype, angle, design.

## INTRODUCCION

La torsión tibial es una patología, la cual si bien, no causa riesgo funcional a corto plazo para el paciente, ésta debe ser tratada por un especialista, para así evitar posibles dolencias en un futuro. Según Cuilleret (1) es una condición que se caracteriza por que la tibia presenta una rotación a lo largo de su eje longitudinal siendo esta, lateral (externa) o medial (interna).

Aunque sabemos que en el desarrollo normal de las extremidades inferiores, se dan modificaciones de la torsión, siendo lo normal pasar de una torsión tibial interna a una torsión externa hasta los 6 a 8 años de edad (2), con un rango que va de -5 grados (interna) a + 25 grados (externa), pero estar en los rangos extremos supone trastornos para la marcha, con sobrecargas de presión en las articulaciones o disfunción patelofemoral entre otros.

En la Figura 1, se muestran dos imágenes sobre la torsión tibial externa. En la del lado izquierdo, el paciente coloca las rotulas al frente y se observa como los pies apuntan hacia fuera. En la imagen del lado derecho, se colocan los pies al frente y se observa como las rotulas miran hacia dentro.

En la actualidad existen diferentes maneras para identificar dicha patología, como lo son las pruebas físicas (2), tomografías (3), las radiografías y las ecografías (4), el problema radica, que todo depende del juicio y observación de la persona que realice el examen o la evaluación, ya que los puntos clave, tales como los ejes de rotación, pueden ser apreciados y determinados de formas diferentes, lo cual puede crear un impacto en el diagnóstico del

paciente.

Para la realización de las pruebas físicas, los ortopedistas han definido una metodología para identificar la patología, la cual consiste en que se dibujen dos puntos imaginarios en la rodilla (cóndilos femorales), para así tener conocimiento del eje de la misma y a su vez tienen que realizar el mismo procedimiento para identificar el eje del tobillo (maléolo externo e interno), luego de realizado esto a través de un goniómetro, se mide el ángulo entre los dos ejes y dependiendo del grado de torsión se le recomienda al paciente alguna solución, entre las que se encuentran la rehabilitación o cirugías.

Por ende el presente trabajo, tiene como propósito el diseño y construcción de un prototipo, portable, para la medición del ángulo de torsión de la tibia, esto debido a que actualmente la manera o el procedimiento de realizar dicho examen por los ortopedistas es muy observador y dependiente, lo que implica que cada vez que se realiza el examen en el mismo paciente el resultado varía dependiendo del médico ortopedista tratante. Dicho prototipo debe poseer una serie de atributos o características indispensables tales como: pertinencia, precisión, oportunidad, confiabilidad y economía, de forma que exista poca variabilidad a la hora de realizar la misma evaluación en ambientes distintos.

La idea principal es tratar de automatizar lo más posible el procedimiento de medición de la torsión tibial, para esto después de conocer los diferentes procedimientos para efectuar el examen, se realizaron distintos tipos de maquetas de prototipos y se desarrolló un algoritmo que recibiera información y la pudiera transformar en el resul-

tado esperado por los médicos ortopedistas.

El objetivo principal es diseñar un dispositivo prototipo portátil para la medición del ángulo de torsión de la tibia entre rodilla y tobillo, en pacientes de edad adulta de ambos géneros.

Las necesidades que debería satisfacer el nuevo dispositivo, entre ellas se tiene:

1. Efectivo y eficiente en la toma de datos y en la respuesta de resultados
2. Portátil, facilidad de instalación y uso.
3. Económico, tanto para el desarrollo y construcción, como para la adquisición por parte de los doctores.
4. Cómodo y poco invasivo al paciente.

## MATERIAL Y METODO

El presente trabajo, cubrirá únicamente las fases de investigación, diseño, construcción y verificación de un prototipo-dispositivo de medición.

Además, el grupo de validación, serán hombres mayores de dieciocho (18) años de edad y mujeres mayores de dieciséis (16) años de edad, pacientes del Centro de Salud Santa Inés, debido a que su ciclo de crecimiento y desarrollo han finalizado. La validación se hará comparando los resultados obtenidos con el prototipo de medición y los resultados obtenidos mediante las técnicas existentes tales como: tomografía (3) y estudios físicos (2).

Es un estudio de tipo aplicada, dado que se realiza con la finalidad de buscar una solución práctica a un problema existente y específico, con el fin de beneficiar a un grupo de personas con su aplicación y una investigación de campo aplicada, dado que los datos y las referencias con las que se trabajan son resultados de estudios previos realizados a pacientes. (5,6)

En cuanto a la metodología utilizada, se trabajó con la de Ingeniería Concurrente (IC), dado que proporciona un enfoque en el cual todos los actores involucrados intervienen

en el desarrollo de la creación de un producto, en tres etapas, estudio inicial (identificando la necesidad y definición de objetivos), realizar el diseño básico (mediante la documentación y la toma de datos), y hacer un diseño detallado (incluye estudio del producto, cálculos y diseños detallados, prototipo y experimentación)(5,6). Esto quiere decir, que la meta principal de IC, es invitar y permitir que los diversos equipos de trabajo funcionen en paralelo, para que de esta forma se puedan detectar problemas en las etapas iniciales y no al final del producto, donde el cambio es más difícil y se incurre en altos costos.

Como métodos de validación del prototipo se utilizara la evaluación física mediante dos métodos y la medición por tomografía.

### Evaluación física

Se realiza una historia clínica breve, luego un estudio de marcha en el cual se observa con detenimiento el comportamiento de las extremidades inferiores al caminar, desde la cadera hasta el pie, para así poder descartar otro tipo de patología, tal como torsión femoral, desviación en la cadera, etc. Si efectivamente el paciente muestra durante la marcha, una posible torsión tibial ya sea externa o interna, se procede con los metodos de medición.

Actualmente existen dos métodos utilizados por los traumatólogos para la medición de la torsión tibial a continuación se explicaran cada uno de ellos.

Método ángulo muslo-pie: el más utilizado entre los ortopedistas, el paciente se colocará en decúbito prono, flexionando las rodillas, permitiendo de esta manera medir el ángulo entre el eje del pie y el eje longitudinal del muslo. Para valorar el eje transmaleolar existen varios métodos, siendo el más sencillo dibujar una línea por la planta del pie que conecte los maléolos medial y lateral y el ángulo que forma esta línea con el eje del muslo proporciona el ATM o rotación tibial. (Figura 2) (3,4).

Método de Staheli: El paciente permanece sentado sobre el borde de una mesa con los talones apoyados contra una

superficie firme. Se marcan los maléolos medial y lateral y se mide a continuación la distancia entre los maléolos y la superficie. Se mide la distancia intermaleolar con un calibrador (goniómetro) y se calcula el ángulo de la versión tibial geoméricamente (Figura 2) (2,7).

### **Estudio de imagen**

En la Tabla 1, se comparan los diversos tipos de evaluaciones existentes en cuanto al riesgo, dependencia y costo de realizar dicha evaluación. La realización de las evaluaciones por vía de estudios de imagen no resultan ser económica, más aun, si deben repetirse varias veces en periodos cortos.

Para el trabajo decidimos utilizar la tomografía ya que nos ofrece calcular ángulos y así poder compararlo con los de los métodos de evaluación física.

Es de hacer notar que en todo momento los diferentes estudios son subjetivo, ya que siempre dependerá de la apreciación de cada médico y técnico radiólogo, etc.

### **Diseño del prototipo**

Para efectos de la elaboración del prototipo a desarrollar, se tomará en cuenta el método de Staheli que tiene como principal característica, la distancia, sin importar que el paciente se encuentre sentado o de pie, sólo es necesario tener una superficie plana detrás de la pierna, para que el evaluador proceda a medir la distancia existente entre ambos maléolos y la superficie plana. Con esta distancia, y haciendo uso de operaciones trigonométricas, se puede conocer el ángulo de torsión.

Componentes: (Figura 3)

1. Sensor medidor de distancia,
2. Tarjeta base,
3. Fuente de poder
4. Tarjeta Controladora, recibirá las medidas y realizará las operaciones matemáticas correspondientes.
5. Computadora
6. Accesorios para adaptar el sensor a los maleolos.

En la Figura 4, se muestra el panel frontal utilizado, en él se observa lo siguiente: del lado izquierdo tres cuadros de diálogos, dos que muestran la distancia de cada maléolo y el tercero que muestra el valor del ángulo en grados. Del lado derecho se tiene un área gráfica, en la cual se mostrará una recta referencia del valor del ángulo obtenido.

### **Cuestionario**

Tenemos que tomar en cuenta, si la nueva técnica es muy compleja para los ortopedistas, estos pueden ignorarlo o utilizarlo de tal forma que cause errores o fallas en el sistema.

Puede existir una resistencia al cambio, un nuevo procedimiento puede hacer que los ortopedistas se resistan a él, pero al demostrar que el prototipo funciona y esta validado, además de ser más sencillo, más rápido y que trae beneficios con la optimización del tiempo, los ortopedistas podrían darse la oportunidad de probar con algo nuevo.

Para corroborar si el dispositivo cumple con los aspectos mencionados anteriormente, se le solicitó a seis ortopedistas que hicieran uso del dispositivo y luego se procedió a la aplicación de un cuestionario para conocer que pensaban sobre él. Se tomó en cuenta que la cantidad de ortopedistas entrevistados no es una muestra significativa y que los resultados arrojados no tienen un porcentaje alto de confiabilidad, pero esto se hizo como una prueba piloto con la finalidad de poder tener conocimiento de la opinión que tenía el grupo de ortopedistas con el que se trabajó, y así en pruebas futuras realizar el cuestionario a una muestra más significativa.

### **RESULTADOS**

Se identificó una condición la cual consiste en que el valor de inclinación del eje de la rodilla debe ser cero, para esto se tenían dos sensores los cuales debían colocarse y nivelarse, pero al realizar unas pruebas preliminares con los ortopedistas, se pudo determinar que esta condición se podía lograr realizando la prueba con el paciente sentado, demostrando así que solo son necesarios los sensores a

nivel de los maleolos.

Se toma en cuenta efectividad y eficiencia en la toma de datos y en la respuesta de los resultados, facilidad de instalación y uso, costo tanto para el desarrollo y construcción, como para la adquisición por los médicos, cómodo y poco invasivo para los pacientes.

Los resultados obtenidos mediante la ejecución de la tomografía, los dos exámenes físicos y por el uso del prototipo se muestran en la Tabla 2. Se puede observar que los resultados obtenidos por paciente están en un rango de  $\pm 3$  grados, lo cual es aceptado por los expertos ortopedistas consultados. A partir de esto se realizaron pruebas de hipótesis con muestras pareadas para comparar los resultados de cada método, con los arrojados por el prototipo, observando que no existen evidencias muestrales significativas al 5%, que permitan afirmar que el ángulo de torsión tibial promedio correspondiente al método muslopie, método de Staheli y tomografía, difiere del ángulo de torsión tibial promedio correspondiente al prototipo.

En relación al cuestionario realizado a los 6 ortopedistas que utilizaron el dispositivo obtuvimos que: el 83% de la muestra, que representa 5 ortopedistas, considera que al utilizar el dispositivo por primera vez, su manejo fue sencillo al ubicarlo en la parte del cuerpo a tratar, mientras que un 17% de la muestra piloto, que representa 1 ortopedista, no lo consideró sencillo. 5 ortopedistas, considera que la tecnología utilizada en el dispositivo (digital) es de fácil alcance y está actualizada. El 100% estaría dispuesto a probar el dispositivo en sus pacientes, a la hora de realizar un diagnóstico y consideró que los resultados arrojados por el dispositivo fueron sencillos de leer y de interpretar.

Otros aspectos importantes para determinar la factibilidad operativa del dispositivo fueron, la duración de la evaluación y los costos asociados (construcción de un prototipo y evaluación por tomografía). Para esto, se tomó en cuenta la duración de la evaluación física y del examen en el tomógrafo, así como el costo de ambos estudios contra

el costo de construcción del dispositivo.

La duración de la evaluación física realizada por el ortopedista tiene un tiempo estimado de 15 minutos. La evaluación por tomografía, (sin tomar en cuenta el tiempo que el paciente debe esperar para ser atendido, ni el tiempo que debe esperar por los resultados), tiene una duración aproximada de 20 minutos.

Por otro lado conservando el tiempo estimado de la evaluación física, se tiene que desde que se comienza la instalación del prototipo, se realizan los ajustes pertinentes y hasta que se tiene el resultado del ángulo de torsión, transcurre un tiempo aproximado de 10 minutos. Esto implica que realizando la evaluación con el prototipo, se está ahorrando un 28% del tiempo, en comparación con la realización del examen físico y de la tomografía.

Además de lo mencionado anteriormente, otra diferencia importante está en que con el prototipo, el paciente realiza todo el proceso en el consultorio del médico especialista, bajo su mirada y obtiene el resultado en el sitio, sin tener que aguardar en una sala de espera para ser atendido y luego varios días, para la entrega de los resultados de su evaluación; además de que existe la posibilidad de que el técnico que realice el examen no lo haga de manera correcta, incurriendo así en gastos adicionales y pérdida de tiempo para el paciente.

El costo final para la elaboración del prototipo fue de 4136 bsf, pero hay que tener en cuenta que para la producción de mayor escala, se pueden lograr ahorros en los mismos.

## DISCUSIÓN

En esta época donde los avances tecnológicos son de vital importancia para el desarrollo de la sociedad, y más si son en el área médica, la oportunidad de presentar una solución a un problema existente es única. Se sabe que el país se encuentra en una posición socio política difícil, y que un nuevo producto tenga la oportunidad de aparecer en el mercado y que logre satisfacer una necesidad existente en

un corto plazo es algo sumamente valioso.

Existen diferentes maneras de realizar el cálculo de la torsión tibial como lo son: las pruebas físicas y los exámenes de imagenología, se llegó a la conclusión de que todas ellas son seguras para la salud, pero que el problema radica en que son dependientes de quien realice el examen y con respecto a sus costos, aquellas más precisas, son las que poseen un precio más elevado, y no todos los pacientes pueden tener acceso a ellas.

Se determinó que el dispositivo debía ser efectivo y eficiente al momento de realizar la medición y arrojar los resultados, económicos, de fácil instalación y uso para el ortopedista, además de cómodo y poco invasivo para el paciente.

Para el diseño del dispositivo, se tuvieron en cuenta dos tipos de sensores, y se estudiaron sus características para así obtener varias opciones a la hora de generar el prototipo, los dos diseños preliminares se diferenciaban en que uno utilizaba un sensor ultrasónico, mientras que el otro un sensor láser.

Se seleccionó el prototipo que utilizaba un sensor ultrasónico debido a que sus características se ajustaban más a lo que buscaban los ortopedistas, ya que los exámenes debían poder hacerse en diferentes ambientes, y este diseño así lo permitía.

Se puede concluir con un 95 % de confiabilidad, que el resultado arrojado por el prototipo no difiere de los resultados arrojados por las técnicas ya existentes en el área de medicina, para el cálculo de la torsión tibial.

El dispositivo a la hora de la realización de las pruebas funcionó de la manera prevista, y el grupo de expertos ortopedistas con los que se trabajó y a los cuales se les aplicó un cuestionario piloto, estuvieron de acuerdo con dicha afirmación.

## Recomendaciones

### Recomendaciones de los autores:

1. Realizar una validación con una mayor cantidad de pacientes.
2. Entrevistar a una mayor cantidad de ortopedistas sobre su opinión respecto al dispositivo.
3. Adaptar baterías al dispositivo para evitar la dependencia de electricidad mediante una toma de corriente externa.
4. Adaptar una pantalla LCD al dispositivo para evitar la dependencia de una computadora a la hora de visualizar los resultados.
5. Utilizar un velcro más fino, para tener mayor visibilidad.
6. Utilizar componentes disponibles en el mercado Venezolano.
7. Proteger las versiones posteriores del prototipo usando una caja universal y evitar reimpresiones en rapid prototyping, dado el costo que esto implica.

### Recomendaciones de los ortopedistas

Gracias al cuestionario aplicado a los ortopedistas fue posible, obtener de ellos algunas recomendaciones:

1. Utilizar un sistema que realiza la nivelación del sensor de manera automática.
2. Utilizar otro tipo de porta sensores como adhesivos que se puedan colocar en la parte del cuerpo a tratar y estos se enganchen al sensor.
3. Utilizar equipos inalámbricos que transmitan la información mediante bluetooth.
4. Realizar una breve inducción al ortopedistas sobre cómo funciona el dispositivo y como se debe colocar.
5. Estandarizar la distancia a la cual debe estar el paciente con respecto a la superficie contra la cual rebota la señal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Cuilleret, J. Jhon Hopkins Medicine. [Recuperado el 14 de Diciembre de 2012], de <http://www.hopkinschildrens.org/internal-tibial-torsion.aspx>
2. Staheli L. Rotational Problems in Children. Journal of Bone and Joint Surgery. 1993 75-a, 6: 939-48.
3. Moreno F., Villanueva M. Medición de la torsión del miembro inferior con tomografía computarizada. Rev. S And. Traum y Ort.

2004:24(1):17-21.

4. Carver R, et al. Measurement of tibial torsión by ultrasound. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1987 7:317-323.

5. Capuz R. *Introducción al Proyecto de Producción*. Primera edición ed. Alfaomega grupo editor S.A. México, 2001.

6. Romeva C. *Diseño Concurrente*. Primera edición ed. Barcelona, 2002: CPET.

7. Jara J. *Deformidades Torsionales en Miembros Inferiores*. [Retrieved 2013 17 febrero] de <http://es.scribd.com/doc/79047969/TRABAJO-DE-POSTURALES>

8. Quiñones, I. (n.d.). *La Validación de equipos médicos una demostración se seguridad y eficacia*. Retrieved 2013 23 agosto Agosto from <http://www.uh.cu/centros/biomas/Congresos/biomas99/PIRA1>.

pdf

9. Kalpakjian S., & Schmid, S. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico 2002: Prentice\_Halls Inc.

10. Hernández, A. (2006). *Diseño de dispositivos médicos*. [Retrieved 2013 25 agosto] from [http://www.elhospital.com/eh/secciones/EH/ES/MAIN/IN/ESTUDIOS\\_CASO/doc\\_90832\\_HTML.html?idDocumento=90832](http://www.elhospital.com/eh/secciones/EH/ES/MAIN/IN/ESTUDIOS_CASO/doc_90832_HTML.html?idDocumento=90832)

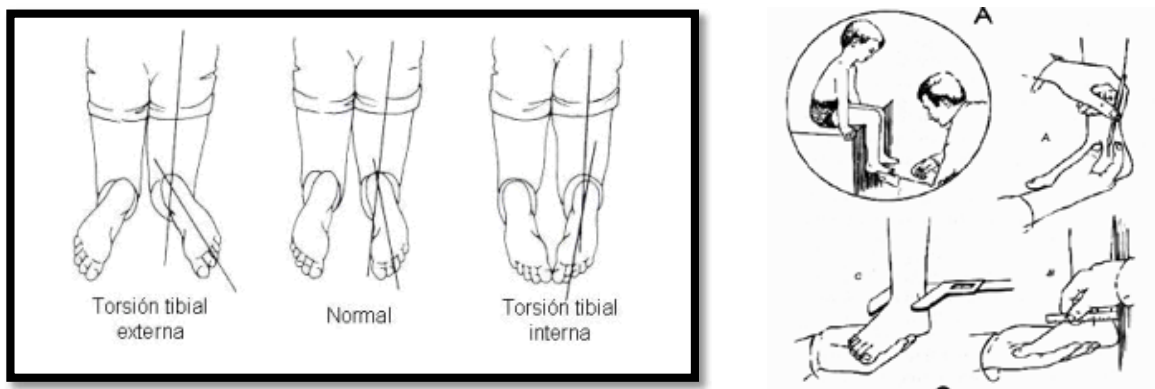
11. Colegio Americano de Radiología y La Asociación de Radiología de Norteamérica . [24 de Abril de 2012]. *RadiologyInfo.org*. Recuperado el 17 de Octubre de 2012, de <http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=bonerad>

## ANEXOS

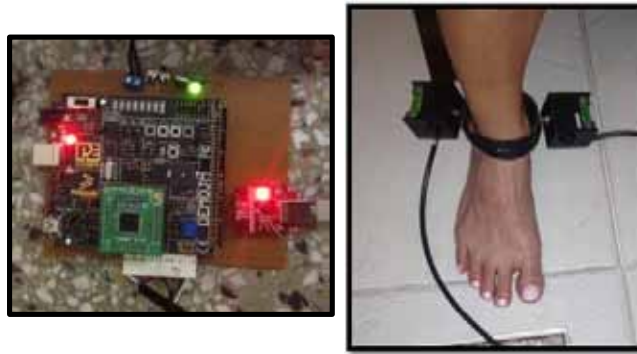
**Figura 1.** Torsión tibial externa



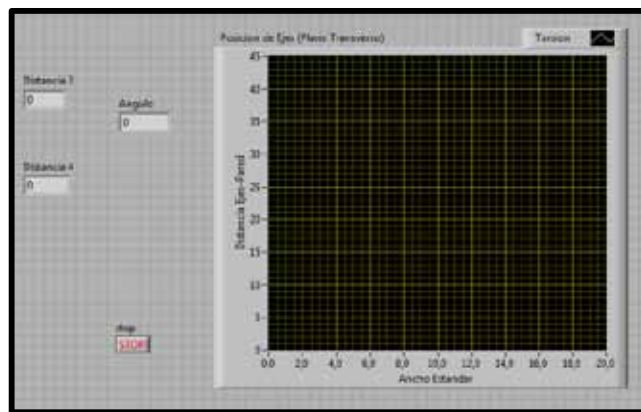
**Figura 2.** Obtención de los diferentes ángulos por el método ángulo muslo-pie y Staheli. Fuente: (Jara, 2013)



**Figura 3.** Mejoras realizadas. Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.** Captura de pantalla del panel utilizado. Fuente: Elaboración propia



**Tabla 1.** Comparación entre diversos tipos de evaluación existente. (Julio, 2013) Fuente: Centro de Salud Santa Inés. Examen Físico: Doctores Especializados.

Tipo de Examen	Riesgo a la salud	Dependencia	Costo Bs.
Examen Físico	No tiene ningún riesgo para la salud	Depende del médico ortopedista que realice el examen	500,00
Radiografía	Se expone al cuerpo humano a una cantidad mínima de radiación y sólo deben de realizarse cuando es necesario, y evitar su repetición no justificada	Depende del técnico que realice el examen. El técnico en radiología revela la placa y la revisa para comprobar que está bien y que no sea necesario repetirla	216,00
Tomografía	Se expone al cuerpo humano a una mayor radiación y el hecho de tomar muchas tomografías con el tiempo puede aumentar el riesgo de cáncer.	Depende del técnico que realice la tomografía y capture los cortes que necesita el médico ortopedista para la evaluación final.	925,00
Ecografía	No tiene ningún riesgo. No tienen efectos secundarios, ya que el ultrasonido empleado con fines diagnósticos utiliza poca energía.	Depende del médico ortopedista que realice el examen.	800,00

**Tabla 2.** Resultados obtenidos de la torsión tibial, por los diferentes métodos Fuente: Elaboración propia

	Resultados de los ángulos de torsión obtenidos por el Método Muslo Pie (°)	Resultados de los ángulos de torsión obtenidos por el Método de Staheli (°)	Resultados de los ángulos de torsión obtenidos por la Tomografía (°)	Resultados de los ángulos de torsión obtenidos por el Prototipo (°)
Paciente 1	20,00	17,40	20,50	20,77
Paciente 2	18,00	15,10	18,50	15,26
Paciente 3	12,00	12,20	11,80	12,41
Paciente 4	14,00	13,70	13,50	14,67
Paciente 5	8,00	6,60	9,10	8,88
Paciente 6	9,00	11,30	11,10	9,45

## TENODESIS VS. TUNELIZACIÓN DEL TENDÓN FLEXOR LARGO DE LOS DEDOS EN EL TRATAMIENTO DE LA DISFUNCIÓN DEL TENDÓN TIBIAL POSTERIOR EN ESTADIO II

### Tenodesis Vs. Tunneling of Flexor tendon length of the fingers in the treatment of Posterior Tibial Tendon Dysfunction Stage II

*\*Dr. Gabriel E. Khazen B, \*\*Dr. Hernán Ruiz M, \*\*Dr. Francisco A. Rondón F.*

#### RESUMEN

**Introducción:** El tratamiento, en el estadio II de disfunción del tendón tibial posterior (DTTP) consiste en la transferencia del tendón Flexor Largo de los dedos (FLD) para suplir al tendón tibial posterior insuficiente y un procedimiento óseo para corregir la deformidad adquirida del retropié. En este estudio, evaluamos la función y eficacia de la transferencia del FLD tunelizado en el escafoide tarsiano vs la tenodesis del mismo al muñón distal del tendón tibial posterior.

**Material y método:** Se realizó un estudio retrospectivo y comparativo de los pacientes intervenidos por esta patología en la Unidad de Pie y Tobillo del HCC, entre los años 2005 y 2012. En 27 pacientes se realizó tunelización del FLD en el escafoide tarsiano y en 49 pacientes se realizó tenodesis del FLD al muñón distal del tendón tibial posterior; en todos los pacientes se realizó un procedimiento óseo para corregir la deformidad adquirida del retropié. Se midió goniométricamente, inversión y flexión plantar del pie al año de postoperatorio en todos los pacientes y se comparó con el pie sano. Se evaluó pérdida de función ó dolor en zona de la transferencia. El análisis estadístico se realizó con t-student.

**Resultados:** 6 pacientes presentaron DTTP bilateral y fue-

ron descartados de este estudio. Los pacientes con tunelización del FLD en el escafoide tarsiano, presentaron una media de 62% de inversión y 86% de flexión plantar, los pacientes con tenodesis de FLD, presentaron una media de 86% de inversión y 89% de flexión plantar. Perdieron función del tendón, 1 paciente con tendón tunelizado, y 2 con tenodesis; presentaron dolor en la zona de la transferencia 2 pacientes con tenodesis del FLD.

**Conclusión:** De nuestro estudio podemos concluir, que la tenodesis del FLD al muñón distal del tendón Tibial posterior, produce una mejor inversión del pie que la tunelización del FLD en el escafoide tarsiano.

**Palabras Clave:** Tenodesis, Flexor largo de los dedos, Disfunción del tendón tibial posterior.

**Nivel de evidencia:** III

#### ABSTRACT

**Introduction:** The surgical treatment of stage II posterior tibial tendon dysfunction (PTTD) is the transfer of the flexor digitorum longus tendon (FDL) to supply the posterior tibial tendon and a bone procedure to correct the acquired deformity of the hindfoot. In this study we evalua-

(\*) Especialista en Cirugía de Pie y Tobillo. Ortopedia y Traumatología. Unidad de Cirugía de Pie y Tobillo. Hospital de Clínicas Caracas. Caracas-Venezuela.

(\*\*) Fellowship en Cirugía de Pie y Tobillo. Especialista en Ortopedia y Traumatología. Unidad de Cirugía de Pie y Tobillo. Hospital de Clínicas Caracas. Caracas-Venezuela.

ted the role and effectiveness of the FDL transfer to a tarsal scaphoid tunnel vs tenodesis of the distal stump of the posterior tibial tendon.

**Materials and methods:** We performed a retrospective comparative study of patients with this disease in the Foot and Ankle Unit of HCC between 2005 and 2012, in 27 patients FDL tunnel was performed in the tarsal navicular and in 49 patients FDL tenodesis was performed to the distal posterior tibial tendon stump; in all patients a bone procedure was performed to correct acquired deformity of the hindfoot. Goniometrical measure was performed for forefoot inversion and plantar flexion at 12 months postop and compared with the healthy foot. Pain or loss of function in the transfer zone was evaluated. Statistical analysis was performed using T-student.

**Results:** 6 patients had bilateral and PTTD and were excluded from this study. Patients with tarsal scaphoid FDL tunnel showed a mean of 62% forefoot inversion and 86% of plantar flexion, patients with FDL tenodesis, showed an average of 86% forefoot inversion and 89% of plantar flexion. One tendon tunnel patient lost tendon function and 2 tenodesis patient lost tendon function. 2 patients with FDL tenodesis had pain in the transfer area.

**Conclusion:** From our study we can conclude that FDL tenodesis to the distal posterior tibial tendon stump produces a better forefoot inversion than the FDL tarsal navicular tunnel.

**Key words:** Tenodesis, Flexor digitorum longus, posterior tibial tendon dysfunction.

## INTRODUCCIÓN

La disfunción del tendón tibial posterior (DTTP), es el proceso degenerativo que conduce a la tendinosis y alargamiento del estabilizador primario dinámico del arco plantar. Esto conlleva a una deformidad de pie plano que da lugar a cambios anatómicos en el pie incluyendo el colapso del arco medial, abducción del antepie, exposición de la articulación talo navicular y valgo del retropie (4, 7).

En principio, se describió el inicio de los síntomas, alrededor de los 60 años de edad con una incidencia fuera del ámbito deportivo, mayor en mujeres (3/1) a partir de 4ª década de la vida, con sobrepeso e historia de diabetes y trastornos circulatorios (17), pero hoy sabemos que puede afectar también a pacientes más jóvenes.

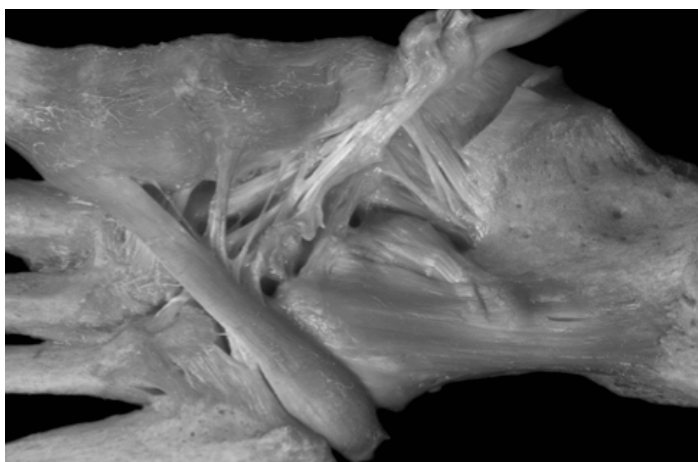
Jhonson y Strom hacen la primera clasificación de esta patología, describiendo como grado I a una tendinosis del TTP, sin deformidad en valgo del retropie; grado II como insuficiencia del tendón con deformidad flexible del retropie y grado III cuando la deformidad del retropié es rígida (13). El tratamiento de esta patología también va a variar de acuerdo al grado de la misma. Myerson (18) describe tanto técnicas quirúrgicas como no quirúrgicas

para diversas etapas de DTTP. Desde entonces, pocos estudios han examinado el papel de ortesis y fisioterapia, sin embargo con reportes de persistencia del dolor en estadio II y III de la enfermedad (2, 5).

El tratamiento quirúrgico en el estadio II, disfunción del tendón tibial posterior (DTTP) consiste en la transferencia del tendón flexor largo de los dedos (FLD) para suplir al tendón tibial posterior insuficiente, y un procedimiento óseo para corregir la deformidad adquirida del retropie (18). Es mandatorio acompañar la transferencia del tendón de un procedimiento óseo para corregir la deformidad y el desequilibrio muscular de la parte posterior del pie, ya que el tendón de Aquiles, permanece lateral al eje de la articulación subastragalina y sigue siendo una fuerza en valgo deformante sobre el retropie. La osteotomía medial del calcáneo desplaza el tendón de Aquiles medial al eje de la articulación subastragalina, proporcionando soporte adicional a la transferencia del tendón medialmente (15).

Diversas opciones de fijación del tendón FLD transferido, han sido descritas y van desde tenodesis, uso de anclas, tunelización en el escafoides tarsiano, tornillos de biotenodesis, etc (11, 17, 20). El método más comúnmente uti-

lizado por los cirujanos de pie y tobillo es la fijación del FLD a través de un túnel en el escafoide tarsiano(1,8,17,18); si bien es cierto, es un método muy estable de fijación, esta técnica descarta la funcionalidad de las inserciones distales del tendón tibial posterior a las 3 cuñas tarsianas, al cuboide y a la base de los metatarsianos; además, necesita un tendón largo para lograr realizar el paso a través del túnel en el escafoide tarsiano y anudarlo sobre el mismo, además, la ubicación del túnel en el escafoide tarsiano es distinto al sitio de inserción del tendón tibial posterior, por lo tanto, su biomecánica va a ser distinta.



**Imagen 1.** Inserciones distales del tendón Tibial Posterior

Otra opción de fijación, es la tenodesis del FLD al muñón distal del tendón tibial posterior en su inserción en el escafoide tarsiano (10), recordando que los 2 cms distales del tendón tibial posterior están libres de enfermedad y es una zona vascularizada del tendón; la tenodesis amerita menos tendón de FLD, biomecánicamente mantiene la función del tendón al insertarse en el mismo sitio que el tendón tibial posterior y además mantiene activas las inserciones distales del tendón tibial posterior. En este estudio, evaluamos la función y eficacia de la transferencia del FLD tunelizado en el escafoide tarsiano vs la tenodesis del mismo al muñón distal del tendón tibial posterior.

## MATERIAL Y METODO

Se realizó un estudio retrospectivo y comparativo de los

pacientes intervenidos por disfunción del tendón tibial posterior estadio II en la Unidad de Pie y Tobillo del HCC, entre los años 2005 y 2012. En 27 pacientes se realizó Tunelización del FLD en el escafoides tarsiano y en 49 pacientes se realizó tenodesis del FLD al muñón distal del tendón Tibial posterior; en todos los pacientes se realizó un procedimiento óseo para corregir la deformidad adquirida del retropié, osteotomía medializadora de Calcáneo ó de Evans para avanzar la columna lateral, así como osteotomía de apertura de Cotton en la primera cuña tarsiana ó artrodesis metatarsocuneana del primer rayo para corregir la supinación del antepié. Se midió goniométricamente inversión y flexión plantar del pie a los 12 meses ó más postoperatorio en todos los pacientes y se comparó con el pie sano. Se evaluó pérdida de función ó dolor en zona de la transferencia. El análisis estadístico se realizó con T-student (0,5).

### Criterios de inclusión :

- Pacientes con diagnóstico de Disfunción del tendón Tibial Posterior en estadio II

### Criterios de exclusión :

- Pacientes con diagnóstico de Disfunción del tendón Tibial Posterior en estadio II bilateral
- Pacientes con diagnóstico de Disfunción del tendón Tibial Posterior en estadio II con algún grado de artrosis del retropié
- Pacientes con diagnóstico de Neuroartropatía del retropié

### Técnica quirúrgica

Se realizó un abordaje medial para todos los casos, desde el maléolo medial en dirección al navicular para abordar el TTP con posterior incisión sobre la vaina tendinosa y se exploró el grado de tendinosis, se realizó tenotomía y exéresis del tendón enfermo.

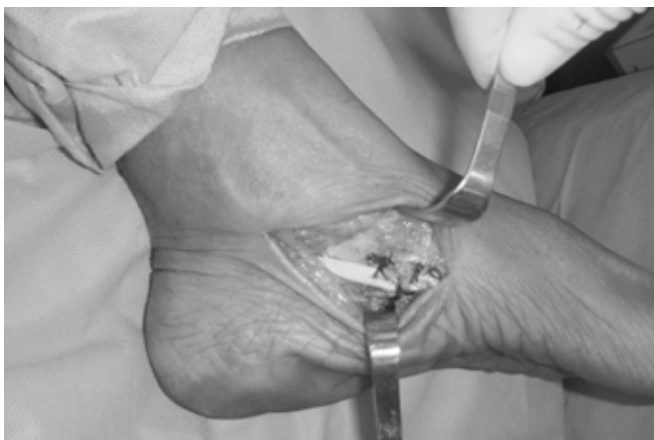
En los pacientes que se realizó tunelización en el escafoide tarsiano, se practicó tenotomía del FLD justo antes del nudo maestro de Henry, se realizó túnel con broca de 3,2

mm en unión de tercio medial con dos tercios laterales del escafoide tarsiano, se pasó el tendón del FLD de plantar a dorsal por el túnel y se fijó sobre el mismo y al escafoide tarsiano con sutura Ethibond 2.



**Imagen 2.** Tunelización del FLD en el Escafoide tarsiano

En los pacientes que se realizó tenodesis del FLD, se resecó el tendón tibial posterior, manteniendo los 2 cms distales del tendón y su inserción; se realizó tenotomía del FLD a la altura del hueso escafoide y se realizó tenodesis latero lateral con puntos separados, del FLD a la inserción del tendón tibial posterior.



**Imagen 3.** Tenodesis del FLD al muñón distal del TTP

A todos los pacientes se les realizó previamente exploración y reparación, de ser necesario, del ligamento en resorte y un procedimiento óseo para corregir la deformidad adquirida del retropie, con osteotomía medializadora del calcáneo a través de un abordaje lateral y se fijó con tornillos canulados de 6,5 ó 7,0 mm; ó se realizó osteotomía de Evans en calcáneo, a través de abordaje lateral, para avanzar la columna lateral. Adicionalmente, se realizó osteotomía de apertura de Cotton en la primera cuña tarsiana ó artrodesis metatarsocuneana del primer rayo para corregir la supinación del antepie. Algunos pacientes ameritaron alargamiento de tendón de Aquiles por acortamiento del mismo, verificada con examen de Silverskjold.



**Imagen 4.** Osteotomía medializadora de Calcáneo y de Cotton en 1era cuña

La extremidad afectada, se inmoviliza con una férula posterior en 90 grados y vendaje anti edema por 4 semanas, y posteriormente se cambia a una bota tipo Walker por 4 semanas, autorizándose apoyo parcial y ejercicios de inversión y supinación del pie. Se realiza control radiológico a las 6 semanas para verificar signos de consolidación en el sitio de la osteotomía.

#### **Resultados:**

6 pacientes presentaron DTTP bilateral (2 del grupo de tunelización y 4 del grupo de tenodesis) y fueron descarta-

dos de este estudio. Pudieron evaluarse a los 12 meses de postoperatorio, 19 de los 27 pacientes con tunelización y 36 de los 49 pacientes con tenodesis, con una edad promedio de 54 años (39 a 76 años). 46 eran de sexo femenino y 9 de sexo masculino.

Los pacientes con tunelización del FLD en el escafoide tarsiano presentaron a los 12 meses de postoperatorio, una

media de 62% (86-50) de inversión y 86% (94-76) de flexión plantar, diferencia que fue estadísticamente significativa; los pacientes con tenodesis de FLD, presentaron una media de 86% (96-78) de inversión y 89% (97-81) de flexión plantar, diferencia que no fué estadísticamente significativa. Perdieron función del tendón, 1 paciente con tendón tunelizado y 2 con tenodesis; presentaron dolor en zona de la transferencia 2 pacientes con tenodesis del FLD.

**Procedimientos adicionales realizados :**

**Tabla 1**

<b>Procedimiento</b>	<b>Pacientes (55)</b>
Osteotomía medializadora de Calcáneo	46
Osteotomía de Evans	9
Reconstrucción ligamento en resorte	36
Osteotomía de Cotton	43
Artrodesis 1era Metatarsocuneana	10
Artrorisis	3

**Tabla 2**

**Resultados**

<b>Procedimiento</b>	<b>Inversión antepié</b>	<b>Flexión plantar</b>
<b>Tunelización en Escafoide</b>	62%	86%
<b>Tenodesis del FLD</b>	86%	89%

**DISCUSIÓN**

Existe aún alguna controversia sobre el tratamiento de la disfunción del tendón tibial posterior en estadio II, y varios autores han considerado que el tratamiento conservador con ortesis y rehabilitación (2,5), pudiera ser una opción de tratamiento; sin embargo, el consenso general es que el tratamiento ideal debe ser la corrección quirúrgica del mismo, y hay muchas opciones de reconstrucción quirúrgica (1,3,4,8,9,10,14,15,16,17,22).

Está claro, que además de la transferencia del FLD para suplir la función del TTP, debe realizarse algún procedimiento óseo para corregir la deformidad flexible del retropie, de lo contrario persistirá el pie plano, como se demostró claramente en los artículos 1,17,19. Myerson y Corrigan (18) reportaron resultados de la transferencia de FLD más tenodesis y osteotomía medializadora del calcáneo con una notable mejora en la puntuación AOFAS del retropie, alivio del dolor y mediciones radiológicas. Varios autores han reportado igualmente buenos resultados, al combinar la transferencia del tendón con el avance de la

columna lateral del pie con osteotomía de Evans (1, 6, 11, 21, 22, 23).

La artrodesis del retropie, en estadio II de la DTTP, ha sido descrita también con resultados aceptables, aunque los beneficios de estabilización se logran a expensas del movimiento del retropie, por lo tanto, no es una opción adecuada en estadio II de esta patología y sí, en estadio III (3, 9, 12, 14, 16, 20). La transferencia del tendón FLD y la osteotomía medializadora del calcáneo evita la pérdida de movimiento que resulta de la artrodesis (8, 19).

Como se comentó en la introducción a este trabajo, se han descrito diversas opciones de fijación del tendón FLD transferido: tenodesis, uso de anclas, tunelización del escafoides tarsiano, tornillos de biotenodesis, etc (11, 17, 20). El método más comúnmente utilizado por los cirujanos de pie y tobillo es la fijación del FLD a través de un túnel en el escafoide tarsiano, pero esta técnica descarta la funcionalidad de las importantes inserciones distales del tendón tibial posterior a las 3 cuñas tarsianas, el cuboide y la base de los metatarsianos, que si se mantiene con la tenodesis del FLD al muñón distal del tendón tibial posterior, en su inserción en el escafoide tarsiano, mantiene además, la función biomecánica del tendón al insertarse en el mismo sitio que el tendón tibial posterior. En nuestro trabajo apreciamos que los pacientes a los cuales se les realizó tenodesis del FLD al TTP, realizaban una mayor inversión del antepie que los pacientes que se les realizó la tunelización del tendón en el escafoide y esto podría estar relacionado con la función biomecánica más cercana al TTP de la tenodesis. Sin embargo, Vaudreuil y cols (24), analizaron la marcha en un modelo biomecánico cadavérico, comparando la fijación del FLD a el escafoide tarsiano, a la cuña ó la tenodesis al TTP, observando que la cinemática de la marcha variaba muy poco entre los distintos sitios de fijación, y que básicamente funcionaban igual. Si observaron, que la presión plantar disminuía en el Hallux, cuando se realiza la fijación al escafoide ó la cuña.

Básicamente las reservas ó dudas que se presentan con la tenodesis del FLD, están relacionadas con 2 factores

primordialmente, uno es la fuerza de fijación que se pueda conseguir en la tenodesis y el riesgo de pérdida de la misma, en nuestro trabajo no conseguimos diferencia significativa de pérdida de fijación entre los dos sistemas. El otro factor, es la duda de fijar un tendón (FLD) en otro supuestamente enfermo (TTP); sin embargo, Jhonson (12) demostró, que la enfermedad del tendón está confinada en una zona avascular, 2 cms proximales a la inserción del tendón en el escafoide tarsiano, por lo tanto el muñón del mismo es totalmente sano y apto para recibir la tenodesis del FLD.

Sammarco (15) demostró que a los 12 meses de postoperatorio, los pacientes recuperaban mucho más la fuerza de flexión comparado con los 6 meses postoperatorio, por ese motivo, decidimos considerar los 12 meses como fecha mínima de evolución para evaluar la inversión y la flexión plantar en nuestro estudio, evidenciando que no había evidencia estadísticamente significativa entre ambos grupos estudiados con respecto al rango de flexión plantar al año de postoperatorio.

Hasta donde conocemos, no existe un estudio publicado, que compare clínicamente la tunelización del FLD en el escafoide tarsiano con la tenodesis del FLD al muñón del TTP en pacientes con disfunción del tendón tibial posterior en estadio II.

## CONCLUSIÓN

De nuestro estudio podemos concluir, que la tenodesis del FLD al muñón distal del tendón Tibial posterior, produce una mejor inversión del pié que la tunelización del FLD en el escafoides tarsiano.

## BIBLIOGRAFIA

1. Chi, TD; Toolan, BC; Sangeorzan, BJ; Hansen, ST, Jr: The lateral column lengthening and medial column stabilization procedures. Clin. Orthop. 365:81-90, 1999.
2. Alvarez, RG; Marini, A; Schmitt, C; Saltzman, CL: Stage I and II posterior tibial tendon dysfunction treated by a structured nonop-

- erative management protocol: an orthosis and exercise program. *Foot Ankle Int.* 26(9):671 – 4, 27:2 – 8, 2006.
3. Clain, MR; Baxter, DE: Simultaneous calcaneocuboid and talonavicular fusion. Long-term follow-up study. *J. Bone Joint Surg.* 76-B:133–136, 1994.
  4. Deland JT. Adult-acquired flatfoot deformity. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16:399-406.
  5. Chao, W; Wapner, KL; Lee, TH, et al.: Nonoperative management of posterior 288 tibial tendon dysfunction.[see comment]. *Foot Ankle Int.* 26(9):671 – 4, 17:736 – 41,1996.
  6. Ginsburg, WW; Cohen, MD: Peripheral arthritis in ankylosing spondylitis. A review of 209 patients followed up for more than 20 years. *Mayo Clin. Proc.* 58:593–596, 1983.
  7. Niki, H; Ching, RP; Kiser, P; Sangeorzan, BJ: The effect of posterior tibial tendon dysfunction on hindfoot kinematics. *Foot Ankle Int.* 26(9):671 – 4 22:292-300, 2001.
  8. Guyton, GP; Jeng, C; Krieger, LE; Mann, RA: Flexor digitorum longus transfer and medial displacement calcaneal osteotomy for posterior tibial tendon dysfunction: a middle-term clinical follow-up. *Foot Ankle Int.* 22:627–632, 2001.
  9. Harper, MC; Tisdell, CL: Talonavicular arthrodesis for the painful adult acquired flatfoot. *Foot Ankle Int.* 17:658–661, 1996.
  10. Hintermann, B; Valderrabano, V; Kundert, HP: Lengthening of the lateral column and reconstruction of the medial soft tissue for treatment of acquired flatfoot deformity associated with insufficiency of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle Int.* 20:622–629, 1999.
  11. Jahss, MH: Spontaneous rupture of the tibialis posterior tendon: clinical findings, tenographic studies, and a new technique of repair. *Foot Ankle* 3:158 –166, 1982.
  12. Johnson, KA: Tibialis posterior tendon rupture. *Clin. Orthop.*177:140–147, 1983.
  13. Johnson, KA; Strom, DE: Tibialis posterior tendon dysfunction. *Clin. Orthop.* 239:196 –206, 1989.
  14. Kitaoka, HB; Patzer, GL: Subtalar arthrodesis for posterior tibial tendon dysfunction and pes planus. *Clin. Orthop.* 345:187–194, 1997.
  15. Sammarco, GJ; Hockenbury, RT: Treatment of Stage II posterior tibial tendon dysfunction with flexor hallucis longus transfer and medial displacement calcaneal osteotomy. *Foot Ankle Int.* 22:305–312, 2001.
  16. Mann, RA; Beaman, DN; Horton, GA: Isolated subtalar arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 19:511–519, 1998.
  17. Michelson, J; Conti, S; Jahss, M: Survivorship analysis of tendon transfer surgery for posterior tibial tendon rupture. *Orthop. Trans.* 16:30, 1992.
  18. Myerson, MS: Adult acquired flatfoot deformity. Treatment of dysfunction of the posterior tibial tendon. *J. Bone Joint Surg.* 78-A:780 –792, 1996.
  19. Nyska, M; Parks, BG; Chu, I-T; Myerson, MS: The contribution of the medial calcaneal osteotomy to the correction of flatfoot deformities. *Foot Ankle Int.* 22:278–282, 2001.
  20. Otis, JC; Deland, JT; Kenneally, S; Chang, V: Medial arch strain after medial displacement calcaneal osteotomy: an in vitro study. *Foot Ankle Int.* 20:222–226, 1999.
  21. Phillips, GE: A review of elongation of os calcis for flat feet. *J. Bone Joint Surg.* 65-B:15–18, 1983.
  22. Sangeorzan, BJ; Mosca, V; Hansen, ST, Jr: Effect of calcaneal lengthening on relationships among the hindfoot, midfoot, and forefoot. *Foot Ankle* 14:136–141, 1993.
  23. Sangeorzan, BJ; Wagner, UA; Harrington, RM; Tencer, AF: Contact characteristics of the subtalar joint: the effect of talar neck misalignment. *J. Orthop. Res.* 10:544–551, 2006
  24. Vaudreuil NJ1, Ledoux WR, Roush GC, Whittaker EC, Sangeorzan BJ: Comparison of transfer sites for flexor digitorum longus in a cadaveric adult acquired flatfoot model. *J Orthop Res.* Jan;32(1):102-9, 2014.

## TRATAMIENTO DE SÍNDROME DE ESPALDA FALLIDA CON NUCLEOLISIS PERCUTÁNEA MÁS BLOQUEO PERIDURAL Y FORAMINAL CON OZONOTERAPIA

### Treatment of failed back syndrome with percutaneous nucleolysis and Epidural, foraminal Block with oxygen-ozone

\*Dr. Iván Pacheco, \*\*Dr. German Medina

#### RESUMEN

**Objetivo:** Se realiza estudio prospectivo para demostrar que la nucleolisis percutánea, más el bloqueo peridural y foraminal con ozonoterapia es efectiva y muy segura para disminuir el dolor producido por síndrome de espalda fallida.

**Material y método:** previo consentimiento informado, a 45 pacientes con síndrome de espalda fallida, se les realizó un total de 45 nucleolisis percutáneas, más bloqueo peridural y foraminal con ozonoterapia, durante un periodo comprendido entre mayo 2012 a mayo del 2013. Todas las nucleolisis se realizaron bajo control fluoroscópico con medidas de asepsia y antisepsia estrictas, y sedación consciente. A todos los pacientes, se les administró ozono en disco, peridural y foraminal (5-10 ml) a 10ug/ml, más procaina al 2% y 1cc de 40mg de cristales esteroideos; en todos los casos se administró 1gr. de cefacidal como profilaxis.

**Discusión:** La eficacia del tratamiento, se basa en el control del dolor según la escala visual analógica basal (EVA 0), a los 30 días (EVA 1), a los seis meses (EVA 3) y a los 12 meses (EVA 6). Se aplicó el test de Oswestry, antes del tratamiento y al final del estudio; a todos los pacientes se les realizó encuesta en la primera consulta, y luego al final del tratamiento con una respuesta satisfactoria.

**Palabras clave:** nucleolisis percutánea, ozonoterapia, bloqueo Peridural.

**Nivel de evidencia:** II

#### ABSTRACT

**Objective:** This prospective study is to demonstrate that percutaneous nucleolysis and epidural, foraminal block with oxygen-ozone is effective and very safe to decrease the pain from failed back syndrome.

**Materials and Methods:** previous reported 45 patients with failed back syndrome consent to a total of 45 percutaneous nucleolysis more and foraminal Epidural blockade with ozone therapy was conducted over a period from May 2012 to May 2013 all nucleolisis were performed under fluoroscopic control measures strict asepsis and antisepsis, conscious sedation. All patients were administered ozone in disk, epidural and foraminal (5-10 ml) at 10 ug / ml over 2% procaine more steroidal 1cc 40mg of crystals, in all cases of cefaclor sodium 1grs administered prophylactically.

**Discussion:** The effectiveness of treatment is based on pain control by baseline visual analog scale (EVA 0), 30 days (EVA 1), six (EVA 3) and 12 months (EVA 6). By Oswestry test

(\*) Traumatólogo y Ortopedista. Unidad Médica de Traumatología y Ozonoterapia. Porlamar. Edo. Nueva Esparta, Venezuela.

(\*\*) Traumatólogo y Ortopedia, Columna vertebral. Clínica Loira Caracas, DC, Venezuela

*En este estudio no hubo ningún conflicto de interés.*

evaluated before treatment and at study end; all patients were conducted survey in the first query and then at the end of treatment with satisfactory response.

**Key words:** Percutaneous Discolysis, oxygen-ozone Epidural blockade.

## INTRODUCCIÓN

El síndrome de espalda fallida, o síndrome de la operación de espalda fallida, o dolor de espalda creado por una operación no exitosa, está originada por la cirugía de un disco herniado de la zona lumbar; se caracteriza por un dolor fuerte y crónico después de la cirugía, este síndrome es generalmente resistente a tratamientos de fisioterapia y fármacos. Este síndrome no es inusual, sufriendolo entre un 10 a 40% de pacientes que se someten a una cirugía vertebral en la zona lumbar debido a un colapso del disco, hernia o ruptura en los discos intervertebrales. En la hernia discal quirúrgica, cuando el disco no es satisfactoriamente removido o hubo un error de nivel, no se presenta un intervalo libre de dolor en el post-operatorio; si la hernia es recidivante, existe un periodo mínimo de 06 meses libre de síntomas. (2,12-16)

En la inestabilidad lumbar, existe movimiento excesivo de una vértebra sobre otra produciendo dolor. Una fibrosis peridural o periradicular, resultante del post-operatorio y localizada críticamente cerca de la raíz lumbar, puede inducir tensiones neurales dinámicas. 65% de todas las columnas operadas anualmente continúan con algún grado de dolor incapacitante (12). Se necesita una estrategia precisa y sin ambigüedades para su manejo; es muy importante prevenir cirugías inapropiadas, en cuanto sea posible, especialmente cuando movimientos repetitivos, crean una radiculopatía recurrente. Se usan numerosos tratamientos para controlar los dolorosos síntomas del síndrome de espalda fallida, causado por una fibrosis epidural, pero pocos, consiguen un beneficio clínico permanente; no existen actualmente, tratamientos capaces de acortar el proceso fibrótico. La idea de explorar quirúrgicamente una columna sin criterios objetivos es inaceptable. (4,8,13)

Las causas de dolor recurrente son: mecánicas (hernia discal, inestabilidad espinal o estenosis lumbar) y no mecánicas (aracnoiditis, discitis, inestabilidad psicosocial y enfermedades sistémicas). (2)

El objetivo de este estudio es demostrar que la nucleolisis percutánea, más bloqueo peridural y foraminal con ozono es efectiva y muy segura para el tratamiento del síndrome de espalda fallida.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se incluyeron 45 pacientes, con dolor lumbociático intenso (previo consentimiento informado), con escala visual (EVA) mayor de 6, de más de un año de duración, que no respondieron a tratamiento con analgésicos no esteroideos y esteroideos por vía sistémica, más fisioterapia y rehabilitación, durante un periodo mínimo de un año.

Los criterios de inclusión fueron: pacientes con cirugías de columna, uso de analgésicos esteroideos y no esteroideos o anticonvulsivantes, dolor radicular, hipoestesia en el territorio de la raíz afectada y signo de Lasegue positivo. Los criterios de exclusión fueron: pacientes en fisioterapia y rehabilitación, con hernias contenidas o extruidas y dolor sintomático.

El protocolo lumbar empleado es el de nuestra experiencia y se realizó de la siguiente manera: 1ra sesión: nucleolisis intradiscal mas bloqueo peridural y foraminal, con 5-10 ml de ozono a 10ug/ml, mas 2cc de procaína al 2% con 1cc de cristales esteroideos en el trayecto de la aguja del lado afectado; 2da sesión : a los 2 días del procedimiento se aplica infiltración paravertebral 2 veces por semana con 10 ml de ozono a 20ug/ml y en una 3ra sesión, se practica infiltración paravertebral, 1 vez por mes, por tres meses

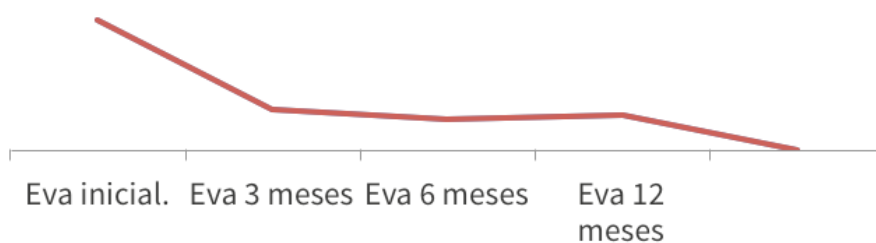
con 10ml de ozono a 20ug/ml.

La eficacia y la eficiencia del tratamiento se basa en el control del dolor según la escala visual analógica basal (Eva 0), al mes (Eva 1), a los 6 meses (Eva 3) y a los 12 meses (Eva 6); y mediante el test de Oswestry de las nucleolisis. También se registró el grado de satisfacción del paciente al finalizar el estudio: excelente 24/45(58%), buena 13/45(29%), regular 8/45(18%).

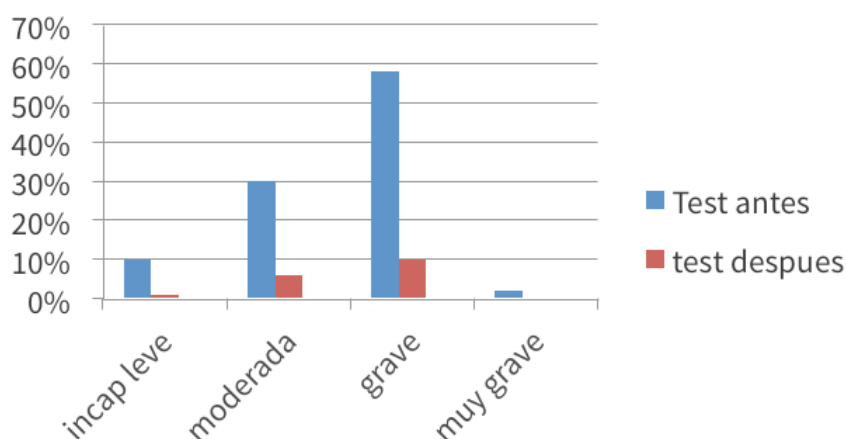
Para el análisis descriptivo se usó la media y la desviación estándar en el caso de variables continuas. En el caso de variables cualitativas o categóricas, se utilizó la frecuencia y el porcentaje. Para la comparación de medias se usó la t de student.

## RESULTADOS

Se realizaron 45 nucleolisis percutáneas más bloqueo peridural y foraminal con ozono, de los cuales 22/45 (48,8%) fueron masculinos y 23/45 (51,11 %) femeninos, La EVA inicial fue de  $7,78 \pm 0,99$  y la evolución a los 3 meses, a los 6 meses y a los 12 meses fue:  $2,43 \pm 2,19$ ,  $1,80 \pm 2,31$  y  $2,07 \pm 2,49$  respectivamente, con una reducción estadística significativa en los tres cortes. El test de Oswestry inicial, mostró incapacidad leve: 10%; incapacidad moderada: 30%; incapacidad grave: 58% e incapacidad muy grave: 2%. Después, fue de Incapacidad leve: 1%; incapacidad moderada: 6%; incapacidad grave: 10% e incapacidad muy grave: 0% con una reducción estadísticamente significativa a los tres cortes. Ningún paciente presentó efectos adversos en cuanto a la satisfacción expresada por los pacientes; excelente para 24/45 (53,3%), bueno para 13/45 (28,8%) y regular 8/45(17,7%).



**Gráfico N°1** Escala de Eva



**Gráfico N°2** Test de Oswestry



**Gráfico N°3** Nivel de Satisfacción

## DISCUSIÓN

Para comprender el mecanismo de acción del ozono, en el dolor raquídeo es fundamental y necesario comprender la fisiopatología de éste y para ello nos vamos a centrar en el conflicto (CDR). La compresión aislada de la raíz da síntomas deficitarios (parestias, distesias, déficit motor), pero no dolor; para que se produzca dolor es necesario que haya irritación química e inflamación de la raíz. El núcleo pulposo del disco herniado contiene altísimo valor de fosfolipasa A2 y de otros mediadores inflamatorios como las prostaglandinas, leucotrienos, bradicininas e histamina que pueden iniciar la cascada inflamatoria. Cuando se produce una fisura anular en el disco, que es la primera fase de la degeneración discal, estas sustancias son liberadas por el núcleo y pueden producir radiculitis, aunque no haya compresión radicular.

El oxígeno-ozono actúa a tres niveles diferentes:

- Inhibición de la prostaglandina E2 y de la fosfolipasa A2 (semejante a los esteroides) y otras citoquinas pro-inflamatorias (IL 1, 2, 8, 12,15, interferón) que incrementan la liberación de citoquinas inmunosupresoras (IL 10 y factor B1) con efecto analgésico y antiinflamatorio.
- incrementa la microcirculación local y reduce la estasis venosa con efecto analgésico, pues la raíz nerviosa es muy sensible a la hipoxia.
- ejerce efecto directo sobre mucopolisacáridos y proteoglicanos en el núcleo pulposo, a lo que se denomina ozon

olisis, produciendo nucleolisis química con pérdida de agua y deshidratación que posteriormente produce una degeneración de la matriz, la cual es sustituida por fibras de colágeno, en aproximadamente 5 semanas, formando nuevas células sanguíneas con reducción del volumen del disco. (3,4,11,15)

En resumen: hay un doble mecanismo de la acción del ozono en el CDR; por un lado, la deshidratación del material discal disminuiría los factores mecánicos compresivos sobre la raíz y por otro lado, la interacción del proceso inflamatorio; si a esto le añadimos la infiltración de la musculatura paravertebral, conseguiremos una especie de acupuntura química, que sumado al efecto analgésico per se del ozono y a la eliminación de la contractura muscular que suele estar asociada en este cuadro, proporciona como resultado una disminución importante del dolor (11-15). En conclusión: la cirugía de columna no siempre es exitosa; el 65% de todas las columnas operadas anualmente continúan con algún grado de dolor incapacitante, que necesita de una estrategia precisa y sin ambigüedades para su manejo. Es muy importante prevenir cirugías inapropiadas, en cuanto sea posible. La respuesta a la discolisis percutánea, más bloqueo peridural con ozono es muy buena alternativa para el tratamiento de este síndrome tan temido.



Foto N° 1



Foto N° 2



Foto N° 3

## BIBLIOGRAFÍA

1. Staal JB, De Bie RA, De Vet HC, Hildebrandt J, Nelemans P. Injection therapy for subacute and chronic low back pain: an updated Cochrane review. *Spine*. 2009; 34:49-59.
2. Robaina FJ. Situación actual de la cirugía de la columna vertebral degenerativa aplicada al manejo del dolor lumbar crónico. Estenosis de canal. Discopatía degenerativa, resultados basados en la evidencia científica. *Rev Soc Esp Dolor*. 2006; 3:167-72.
3. Pietrogrande V. The therapy involving the infiltration of oxygen-ozone intradiscal and interfacet. I Congreso de la Sociedad Española de Abordajes Percutáneos Vertebrales. Barcelona; 29-30 de junio de 1995.
4. Gallucci M, Limbucci N, Zugaro L, et al. Sciática: treatment with intradiscal and intraforaminal injections of steroid and oxygen-ozone versus steroid only. *Radiology*. 2007; 242:907-13.
5. Iliakis E, Valadakis V, Tisiganos C P, Agapitos E. Rationalization of the activity of medical ozone on intervertebral disc: a histological and biochemical study. *Rev Neuroradiol*. 2001; 14:2330.
6. Oder B, Loewe M, Reissegger M, Lang W, Ilias W, Thurnher S. CT-guided ozone/steroid
7. Paradiso R, Alexandre A. The different outcomes of patients with disc herniation either by microdiscectomy, or by intradiscal ozone injection. *Acta Neurochir Suppl*. 2005; 92:13942.
8. Lehnert T, Mundackatharappel S, Schwarz W, et al. Nucleolysis in the herniated disk. *Radiologie*. 2006; 46:513-9.
9. Iliakis E, Valadakis V. rationalization of the activity of medical ozone on intervertebral.
10. Smyth MJ, Wright V. Sciatica and the intervertebral disc an experimental study. *J bone sur*: 1958; 242:907-13.
11. Bocci V, Luzzi E, Corradeschi f, et al. Studies on the effects of ozone: III, an attempt to define conditions for optimal induction of cytokines, *res* 1993; 12; 121-966.
12. Anderson GBJ Epidemiology of spinal disorders. In Frymoyer Jw, Ed. *The Adult spine*. New York, NY: Raven press, 1991:107-146.
13. Alexandre A: Trattamento Dell ernia discale mediante ozono. In Simposio neurochirurgico e ortopedico: Gli insuccessi nel trattamento delle ernia discale, copanello luglio 1997.
14. Bugeo Dagnino Muñoz H, Torregosa Escala visual análoga; comparación de seis escalas distintas. *Rev chil anestesia* 1989; 18:132.
15. Bocci Mecanismo de acción generales de la ozonoterapia y mecanismo en el tratamiento del dolor. *Rev soc esp dolor* 2005; 12extra II 24-25.
16. Hernández B, Hernández J, Torres J, Tenopala S, Canseco P. Eficacia de la aplicación de ozono epidural y paravertebral a una concentración de 30 mg/ml para el manejo del dolor crónico en pacientes con cirugía fallida de espalda. *Rev Soc Esp Dolor* 2012;19:3-10.

**PERONE PRO-TIBIA MODIFICADO: TRANSFERENCIA DE PERONE VASCULARIZADO IPSI-LATERAL POR TECNICA PERCUTANEA. A PROPOSITO DE UN CASO**  
**Modified fibula-pro-tibia: ipsilateral vascularized fibular transfer by percutaneous technique. A purpose of a case**

*Dr Rafael Arcia\*, Dr Angel L Vargas P\*\**

**RESUMEN**

Ante defectos masivos a nivel de la tibia, se consideran técnicas que comprometan mínimamente las partes blandas y garanticen la viabilidad, funcionalidad de la extremidad y sea accesible para la población. Por primera vez en la literatura, a propósito de un caso, se describe la técnica de Huntington y se modifica de manera netamente percutánea, tomando como criterio de selección una extremidad severamente lesionada, con gran defecto diafisiario, para lo cual se realizó centralización del peroné de manera percutánea y fijación externa con alambres de Kirschner y retiro de material a los 5 meses. Actualmente, presenta discrepancia de miembros inferiores de 5cms, y marcha independiente soportada con suela compensatoria. Esta técnica puede ser empleada en niños y adolescentes; no se recomienda en caso de zonas metafiso-epifisiarias. Se basa en el menor compromiso de partes blandas, menor desperiostización y posibilidad de lesiones vasculonerviosas; ofrece una solución viable ante grandes defectos tibiales a ser considerado por el cirujano ortopeda.

**Palabras clave:** extremidad severamente lesionada, peroné, medialización, percutáneo.

**Nivel de evidencia:** IV

**ABSTRACT**

Several techniques have been considered to improve major tibia defects, all of them have been in minimally invasive surgery with less injury on the soft tissue, ensuring function and viability of the extremity, as well as and easy treatment access by patients. This is first time in literature Huntington's technique is described and modified purely to the percutaneous level, with an evidence degree type IV. In this particular case we took into consideration the selection of a severely-injured extremity with a large diaphysis defect, which experienced centralization of the fibula to Huntington's technique, was rearranged at the percutaneous level, and externally fixated temporally with Kirschner needle. Lower discrepancy less than 5 centimeters between both extremities is showed as final results; supported independent walking with compensatory sole. This technique can be used in children and adolescents; however it is not recommended in cases where metaphyseal-epiphyseal zones are affected. Aiming to goal for the least damage and compromise of the soft tissue, as well as periosteomy, and possibilities of vascular or nervous lesions, this technique offers a viable solution against major tibia defects and could be considered by the orthopedic surgeon.

**Key words:** severely-injured extremity (limb), fibula, medialization, percutaneous

(\*) Adjunto de la unidad de Miembros Inferiores del Hospital Ortopédico Infantil

(\*\*) Residente del 4to año del postgrado de Traumatología y Ortopedia, en la ciudad Hospitalaria Dr Enrique Tejera.

Fundación Hospital Ortopédico Infantil. Unidad de miembros inferiores. Caracas, Venezuela. Abril, 2014.

Av. Andrés Bello, Sector Guaicaipuro, Caracas 1050, Venezuela. Cod. Postal 5889. Piso 1, oficina de coordinación docente.

Teléfono: (58) 414-0318221, (58) 424-4501604, e - mail: rafael8654@hotmail.com, angell\_vargas@hotmail.com.

## INTRODUCCION

Las fracturas abiertas con pérdidas óseas son más comunes en la tibia, debido probablemente a su situación subcutánea, secundariamente un número importantes de pacientes padecen de pérdida ósea debido a resección por osteomielitis o necrosis ósea(1). Los defectos diafisarios en tibia, generalmente secundarios a traumatismos, complicados o asociados a pseudoartrosis infectadas, osteomielitis crónica o aguda, producto de resecciones tumorales amplias, y asociado a antecedentes de múltiples cirugías, constituyen un reto para el cirujano ortopeda(2), sin tomar en cuenta el riguroso manejo de partes blandas en pro de conservar su viabilidad. Las opciones de tratamiento incluyen, transporte óseo, cobertura de defecto con injerto autólogo (injerto libre de peroné ipsilateral o contralateral, costilla, iliaco), la amputación o desarticulación, injerto vascularizado del peroné (fibula-pro-tibia) (3), manteniendo fijación interna o externa con tutor de Illizarov, según sea la decisión del cirujano.

La transposición del peroné ipsilateral, fue descrita inicialmente en 1884 por Hahn, sin embargo el primer caso descrito con éxito fue por Huntington en 1903(4), a partir de entonces con algunas modificaciones; ofrece la ventaja de un injerto óseo vascularizado, en la cual no se interrumpe el suministro de sangre, y no requiere de técnicas de microcirugía en todo caso, se debe tener presente la adecuada vascularidad de la extremidad y un peroné intacto para considerar este tipo de procedimiento (5). A continuación se presenta un caso por primera vez en la literatura, en el cual se toma la técnica de Huntington y se modifica de manera netamente percutánea.

## MATERIAL Y METODO

Se presenta el estudio a propósito de un caso, en vista de que no existen casos publicados hasta la actualidad, con un nivel de evidencia tipo IV, tomando como criterio de selección una extremidad severamente lesionada, con gran defecto diafisario en tibia, con integridad del peroné y de la vascularidad de la extremidad y ausencia de proceso in-

feccioso corroborado por centellograma con tc99.

## REPORTE DEL CASO

Se trata de paciente masculino de 31 años de edad, quien presentó antecedente de fractura abierta de fémur 33C3, IO4 NV1 MT3 y tibia izquierda 42C2, IO4 NV1 MT3 (clasificación AO), acude al centro con postoperatorio de reducción abierta y fijación externa, monoplanar articulado femoro tibia calcáneo, con pérdida ósea de tercio medio tibia izquierda e inestabilidad en rodilla, de 5 meses de evolución. Fue llevado a pabellón, donde se realizó abordaje lateral para fémur, limpieza de bordes de fractura supracondilea y colocación de placa LCP 4.5 mm de 16 orificios, alineación del fémur, comprobación de estabilidad, síntesis por planos; en un 2do. tiempo, bajo guía fluoroscópica, se coloca tutor tipo Illizarov en tibia, alineación y comprobación de estabilidad; inicia apoyo parcial a la 3ra semana. En vista del mal estado de la piel en la región de la pierna, se colocó injerto dermo-epidémico autólogo con resultados satisfactorios. Se indicó angiografía reportando indemnidad de territorio arterial. 11 meses posterior al acto quirúrgico inicial, se determina defecto segmentario de tibia de 20 cms; se realiza centralización del peroné de acuerdo a la técnica de Huntington modificada de manera percutánea, bajo guía fluoroscópica e incisión de 1cm; osteotomía transversal en peroné, a nivel del borde distal del fragmento proximal del defecto óseo; los elementos musculares y neurovasculares del compartimiento anterior, fueron desplazados hacia anterior a través de la incisión inicial, y el peroné llevado hacia medial y fijado con 1 alambre de Steinmann 5-0 mm roscado y 2 alambres de Kirschner 3.0 mm. Bajo guía fluoroscópica; se realizó un segundo abordaje para peroné distal de 1 cm. a nivel del segmento proximal del fragmento de tibia distal, osteotomía y medialización del peroné; fijación con alambre de Steinmann roscado 5,0 mm y alambre de Kirschner 3.0 mm; se confecciona yeso suropédico. A las 4 semanas se retira yeso, se indica fisioterapia para fortalecimiento del aparato flexoextensor y mejorar ángulos de movimiento. 5 meses posterior al acto quirúrgico, se evidencian signos radiológicos de consolidación ósea en fémur y

tibia; fue llevado nuevamente a cirugía, se retira material de fijación en tibia, colocándose plasma rico en plaquetas, en extremos proximal y distal de la sinostosis; en postoperatorio tardío de 4 meses de evolución se observa: consolidación ósea favorable, flexión de rodilla 20°; se indica medicina física y rehabilitación para fortalecimiento del cuádriceps. Al año de evolución, del último postoperatorio, se evidencian signos radiológicos de aflojamiento de placa LCP en fémur, motivo por el cual fue llevado a pabellón para retiro del mismo. En la actualidad, el paciente es valorado en marzo del 2014, evidenciándose discrepancia de miembros inferiores de 5cms de longitud, marcha independiente soportada con suela compensatoria de 4cms, flexión de rodilla 20°, extensión 0°, dorsiflexión del tobillo 10° y flexión plantar 10°.

## DISCUSION

Fuera del caso reportado en la literatura en el año de 1997, acerca de una regeneración ósea espontánea en un defecto tibial de 20 cms (3), el manejo de grandes defectos tibiales exhibe un gran reto. En el caso de la medialización y sinostosis del peroné, la circulación periostica y endostica es preservada, las principales arterias de la extremidad permanecen indemnes, se preservan las partes blandas, no se requieren técnicas de cirugía microvascular, con un corto tiempo de cirugía, el crecimiento no es afectado, por tanto esta técnica puede ser empleada en niños y adolescentes. Como consecuencia de este procedimiento, el peroné soportará cargas de estrés no habituales, y de esta forma se hipertrofiará e integrará desde el punto de vista anatómico y biomecánico; éste último se alcanza mejor al centralizar el fragmento del peroné, logrando su alineación con el eje mecánico; la literatura describe adicionalmente la variante de la sinostosis del peroné a tibia, con resultados no equiparables a la ya mencionada (6,7). No se recomienda su elección, en caso de defectos muy proximales o distales, y se toma en cuenta la probabilidad de fracturas por estrés (5). Distintas series reportan heterogeneidad a la hora de mostrar resultados, Chacha et al, por ejemplo, reportan 9.1% de infecciones, con un promedio de curación de 17 a 26 semanas, y fracturas por estrés del

18.2% en su serie de 11 pacientes (8); por otro lado, Atkins et al, reporta 0% de infecciones, promedio de curación de 12 a 35 semanas, y 0 fracturas por estrés en su serie de 5 pacientes (9). La opción de fijación externa con tutor de Illizarov y pines olivados que medializen el segmento peroneal ofrece una opción adicional al cirujano ortopedista; con el advenimiento de esta nueva técnica, con incisiones percutáneas, prácticamente se elimina la posibilidad de infección de la herida operatoria y no amerita llevar a cabo un procedimiento plástico sustancial como colgajo libre o cruzado de la pierna, menor desperiostización y de posibilidades de lesiones vasculonerviosas.

## CONCLUSIONES

Se abre una nueva opción a los cirujanos ortopedistas ante esta nueva modificación de la técnica de fibula-pro-tibia, de forma percutánea. Ofrece una solución viable ante grandes defectos tibiales, a ser considerada de rutina por las distintas escuelas de ortopedia del país.

## IMÁGENES



**Figura 1.** Fijación con placa LCP 4.5mm para fémur, tutor tipo Illizarov para tibia.



**Figura 2.** Defecto diafisario en tibia, 20 cms.



**Figura 4.** Postoperatorio 13 meses de evolución.



**Figura 3.** Centralización del peroné y fijación percutánea.



**Figura 5.** Postoperatorio 5 años de evolución.



**Figura 6.** Control a los 5 años de evolucion

7. Tuli SM. Tibialization of the fibula: a viable option to salvage limbs with extensive scarring and gap nonunions of the tibia. *Clin Orthop Relat Res.* 2005 Feb;431:80-4.
8. Chacha PB, Ahmed M, Daruwalla JS. Vascular pedicle graft of the ipsilateral fibula for non-union of the tibia with a large defect. An experimental and clinical study. *J Bone Joint Surg Br.* 1981;63-B:244-253
9. Atkins RM, Madhavan P, Sudhakar J, et al. Ipsilateral vascularised fibular transport for massive defects of the tibia. *J Bone Joint Surg Br.* 1999;81:1035-1040.

## BIBLIOGRAFIA

1. Keating JF, Simpson AH, Robinson CM. The management of fractures with bone loss. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87:142-50.
2. Lifeso RM, Al-Saati F. The treatment of infected and uninfected nonunion. *J Bone Joint Surg Br.* 1984;66:573-9.
3. Klein D, Caligiuri D, Riina J, et al. Spontaneous Healing of a Massive Tibial Cortical Defect. *J Orthop Trauma.* 1997;11:133-35
4. Huntington TW. VI. Case of bone transference: Use of a segment of fibula to supply a defect in the tibia. *Ann Surg.* 1905;41:249-51.
5. Panagiotis K, Christos T, Stamatis K, et al. A Simple Treatment for a 15-cm Tibia Bone Defect: A Case Report of an Ipsilateral Vascularized Fibula Transfer. *J Orthop Trauma.* 2007;21:3.
6. Zile S. K., Vinay G., Sukhbir S. S., Pardeep K. Gap nonunion of tibia treated by Huntington's procedure. *Indian J Orthop.* 2012 Nov-Dec; 46(6): 653-658.

## PLACA HELICOIDAL EN EL TRATAMIENTO DE FRACTURA DEL HÚMERO POR CIRUGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA. REPORTE DE UN CASO

### Helical plate in treating humerus fracture by minimally invasive surgery. Case Report

Manuel Brito Velásquez (1), Kelly Aliso (1)

#### RESUMEN

Las fracturas del extremo proximal del húmero en pacientes osteoporóticos, pueden resultar en patrones complejos, como aquellos donde ocurre extensión a la diáfisis. El tratamiento de estas fracturas ha sido controversial durante largo tiempo, con distintos resultados. Las técnicas de osteosíntesis mínimamente invasiva con placa para el tratamiento de las fracturas del húmero han sido usadas para minimizar la disección de las partes blandas y lesión de estructuras neurovasculares. El principio helicoidal, es un concepto biomecánico aplicable al tratamiento de estas fracturas. Presentamos el caso de paciente femenino de 72 años de edad, quien sufrió fractura de húmero proximal con extensión a la diáfisis, tratado con placa larga helicoidal y técnica mínimamente invasiva. Mostramos el resultado del tratamiento y su evolución a largo plazo. Este caso muestra que con esta técnica innovadora se puede alcanzar la consolidación y la recuperación funcional satisfactoria, en pacientes con fracturas complejas.

**Palabras clave:** Fracturas por osteoporosis, fracturas en ancianos, fracturas del húmero, cirugía mínimamente invasiva, principio helicoidal.

**Nivel de evidencia:** V

#### ABSTRACT

Humerus proximal fractures in osteoporotic patients may result in complex patterns such those which occur with shaft extension. The treatment of these fractures has been controversial for a long time with different results. The techniques of minimally invasive plate osteosynthesis for the treatment of these fractures had been used to minimize soft tissue dissection and injury to neurovascular structures. The helical principle is a biomechanical concept can be applied for treatment of these fractures. We report the case of 72-year-old female who presented with proximal humerus fracture to the shaft extension that was treated with a long plate with minimally invasive plate osteosynthesis with helical principle, an innovative technique in the treatment of these fractures. We present the results of treatment and long-term evolution. This case shows that with this innovative technique can achieve consolidation and satisfactory functional recovery in patients with these complex fractures.

**Key words:** osteoporotic fractures, fractures in the elderly, fractures of the humerus, minimally invasive surgery, helical principle.

(1) Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología - Universidad de Los Andes. Especialista de la Unidad de Cirugía Ortopédica y Traumatología Centro Clínico La Grita, La Grita, Estado Táchira.

*Instituciones que avalan este trabajo:*

Unidad de Cirugía Ortopédica y Traumatología Centro Clínico La Grita, La Grita, Estado Táchira.

*Correspondencia:* Dr. Manuel Brito Velásquez. Urbanización Valle Alto B, calle Los Pinos, casa # 7, La Grita, Estado Táchira, Venezuela. *Teléfono:* (0424) 7280478. *Correo electrónico:* drmanuelbrito@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

Las fracturas del extremo proximal del húmero en pacientes osteoporóticos, incluso por traumatismos de baja energía, pueden resultar en patrones complejos como aquellos donde ocurre extensión a la diáfisis (1). El tratamiento de estas fracturas ha sido controversial durante largo tiempo con distintos resultados (2-4).

Las técnicas de osteosíntesis mínimamente invasiva con placa (MIPO) para el tratamiento de las fracturas del húmero, en toda su extensión, han sido usadas para minimizar la disección de las partes blandas (5). El tratamiento de las fracturas proximales del húmero con extensión diáfisaria es un reto ya que se deben evitar algunos elementos anatómicos importantes que pueden ser lesionados, como el nervio radial en torno a la diáfisis.

El principio helicoidal, es un concepto biomecánico que se ha introducido en la Cirugía Ortopédica y Traumatología desde hace poco más de 10 años, y que se puede aplicar en el tratamiento de estas fracturas, ya que permite fijar la placa en la cara lateral del húmero, en su porción proximal, y en la cara anterior en la diáfisis y porción distal del húmero, con la finalidad de reducir el riesgo de lesión del nervio radial (6).

Presentamos el caso de paciente femenina, de 72 años de edad, quien sufrió fractura de húmero proximal con extensión a la diáfisis tratada con una placa larga con principio helicoidal y técnica MIPO, una técnica innovadora en el tratamiento de estas fracturas. Presentamos el resultado del tratamiento y su evolución a largo plazo.

## CASO CLÍNICO

Paciente femenino de 72 años, quien posterior a caída simple con apoyo del brazo izquierdo, refiere dolor de fuerte intensidad, acompañado de deformidad en el tercio medio del brazo y crepitación al mismo nivel, motivo por el cual es llevado a la emergencia de nuestra institución para su valoración. La paciente refiere antecedentes de

diabetes mellitus controlada.

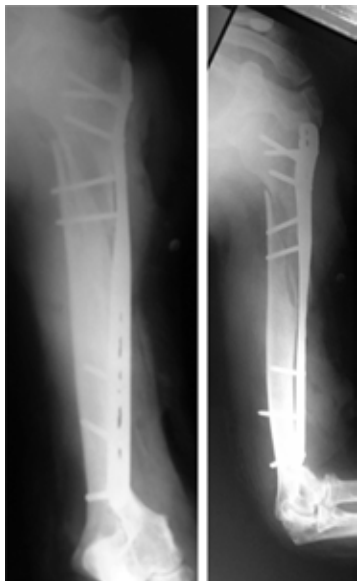
Al examen físico se evidencia hematoma en el tercio proximal y medio del brazo izquierdo, dolor a la palpación y crepitación en ambos niveles. Pulso radial y cubital presentes. No se evidenciaron lesiones del nervio radial a su ingreso. Se realizó inmovilización con aparato de yeso. Radiológicamente se observa solución de continuidad ósea en el tercio proximal del húmero izquierdo con extensión espiroidea a la diáfisis y angulación inferior a 30° (Fig.1). La paciente fue planificada para la resolución quirúrgica de la fractura mediante reducción indirecta y osteosíntesis con placa PHILOS® (SYNTHES/AO, Oberdorf, Suiza) larga de 12 orificios con principio helicoidal por técnica MIPO.



**Figura 1.** Radiografía anteroposterior y lateral del húmero izquierdo al momento de su ingreso.

**Técnica quirúrgica:** La paciente fue posicionada en supino con el miembro superior en una mesa radiotransparente con anestesia general. La incisión proximal se realizó a lo largo del surco deltopectoral. Se tuvo cuidado de no lesionar el nervio axilar. La incisión distal se realizó en el surco entre el músculo bíceps y el músculo braquiorradial,

cerca de 8 centímetros proximal al epicóndilo. Se realizó la tunelización con un instrumento romo. La placa fue contorneada como una hélice de 90° y fue implantada de proximal a distal. Los tornillos se colocaron a través de las incisiones ya realizadas. La alineación final de la fractura y el implante, así como la estabilidad fue comprobada en el intraoperatorio. El resultado clínico y radiológico post operatorio fue satisfactorio (Figura 2)



**Figura 2.** Radiografías panorámicas del húmero post operatorias en sus proyecciones anteroposterior y lateral.

Se permitió la movilización pasiva del codo y el hombro en las primeras 24 horas del post operatorio. Se refirió a medicina física y rehabilitación desde su egreso.

Presenta movilización satisfactoria del hombro y flexión del codo completa a los 2 meses del post operatorio (Figura 3).

Los resultados a largo plazo, a los 12 meses del seguimiento, son igualmente satisfactorios, la paciente tiene movilización completa del codo y el hombro izquierdo. Se evidencia consolidación completa de la fractura sin deformidades residuales (Figura 4 y 5).



**Figura 3.** Fotos clínicas a los 2 meses del post operatorio.



**Figura 4.** Radiografías panorámicas del húmero izquierdo en sus proyecciones anteroposterior y lateral a los 12 meses del post operatorio.



**Figura 5.** Fotos clínicas a los 12 meses del post operatorio.

## DISCUSIÓN

Las fracturas del húmero proximal con extensión a la diáfisis humeral han representado un reto terapéutico para los cirujanos ortopedistas y traumatólogos. En la cara lateral del tercio proximal del húmero se encuentra el troquíter, cuya superficie es plana e ideal para la implantación de una placa para el tratamiento del cuello y cabeza humeral, sin embargo, en su cara anterior la porción larga del bíceps y el surco bicipital evitan la implantación de placas. En el tercio proximal, la inserción del músculo deltoides, impide la colocación de placas en la cara lateral, sin embargo, la cara antero medial es plana al igual que el tercio distal lo cual es ideal para la colocación de placas (3,5,7).

Ahora bien, la aplicación del principio helicoidal para moldear las placas para el tratamiento de las fracturas que involucran al tercio proximal y medio del húmero parece haber resuelto este problema (4,6-8). El principio helicoidal, un concepto biomecánico descrito por Fernández Dell'Oca (6), y que puede ser utilizado para el tratamiento de fracturas del tercio proximal del húmero con extensión a la diáfisis, puede ser aplicado no sólo con la placa empleada para la resolución de este caso, si no con otros implantes, como placas de reconstrucción de 4,5mmØ, placas LCP estrechas de 4,5mmØ e incluso a placas del extremo proximal de la tibia (6-8).

La torsión helicoidal le adiciona a los implantes las siguientes propiedades descritas por Krishna y col. (9): 1. Incrementa la rigidez torsional, pero disminuye la rigidez de flexión y compresión; 2. El cierre de la fractura se hace más uniforme al incrementarse el contorno de la placa helicoidal; 3. Disminuye el riesgo de fatiga por stress en el sitio de fractura; 4. La forma helicoidal de la placa absorbe la presión causado por la carga torsional, lo cual es muy útil en fracturas espiroideas; y 5. El agarre de los tornillos es más fuerte, lo que disminuye el riesgo de aflojamiento.

Ahora bien, la aplicación de placas helicoidales en el tratamiento de fracturas del húmero proximal con extensión a la diáfisis por técnica MIPO combina las ventajas bioló-

gicas de la técnica mínimamente invasiva con las ventajas biomecánicas y la estabilidad que proporciona el principio helicoidal a las placas tradicionales.

Este caso muestra que con esta técnica innovadora se puede alcanzar la consolidación y la recuperación funcional satisfactoria en pacientes con estas fracturas complejas.

## BIBLIOGRAFIA

1. Canale T, Beaty J. Campbell's. Cirugía Ortopédica. 11ma ed. Barcelona: Elsevier; 2010.
2. Mahabier KC, Vogels LM, Punt BJ, Roukema GR, Patka P, Van Lieshout EM. Humeral shaft fractures: retrospective results of non-operative and operative treatment of 186 patients. *Injury*. 2013 Apr;44(4):427-30.
3. Aliso K. Resultados clínicos, radiológicos y funcionales de las fracturas diafisarias de humero tratadas con abordaje anterior mínimamente invasivo. Universidad de Los Andes; Mérida: 2012. Trabajo Especial de Grado.
4. Widnall JC, Dheerendra SK, Malal JJ, Waseem M. Proximal humeral fractures: a review of current concepts. *Open Orthop J*. 2013 Sep 6;7:361-5.
5. Tong G, Bavonratavech S. AO Manual of Fracture Management: Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO). 1st Ed. Davos: Thieme;2007: 121-173.
6. Fernández Dell'Oca AA. The principle of helical implants. Unusual ideas worth considering. *Injury*. 2002 Apr;33 Suppl 1:SA1-27.
7. Tan JC, Kagda FH, Murphy D, Thambiah JS, Khong KS. Minimally invasive helical plating for shaft of humerus fractures: technique and outcome. *Open Orthop J*. 2012;6:184-8.
8. Ruiz H. Tratamiento de las fracturas proximales de húmero bajo técnica mínimamente invasiva con principio helicoidal. Universidad de Los Andes; Mérida: 2012. Trabajo Especial de Grado.
9. Krishna K, Sridhar I, Ghista D. Analysis of the helical plate for bone fracture fixation. *Injury* 2008; 39(12):1421-36.